UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE EDUCAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

RAFAEL RODRIGUES DE OLIVEIRA

A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE TÓPICOS DE FÍSICA ATRAVÉS DA METODOLOGIA DE MÓDULOS EDUCACIONAIS: UMA INVESTIGAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

Vitória 2015

RAFAEL RODRIGUES DE OLIVEIRA

A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE TÓPICOS DE FÍSICA ATRAVÉS DA METODOLOGIA DE MÓDULOS EDUCACIONAIS: UMA INVESTIGAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Educação da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Ferracioli

Vitória 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Educação,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Oliveira, Rafael Rodrigues de, 1981-

O48u A utilização da modelagem computacional no processo de ensino e aprendizagem de tópicos de física através da metodologia de módulos educacionais : uma investigação no ensino médio / Rafael Rodrigues de Oliveira. – 2014.

XXX f. : il.

Orientador: Laércio Evandro Ferracioli .

Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Educação.

1. Ensino – Metodologia. 2. Ensino médio. 3. Modelagem computacional. 4. Simulação (Computadores) – Educação. 5. Visualização. I. Silva, Laércio Evandro Ferracioli da, 1955-. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Educação. III. Título.

CDU: 37

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

RAFAEL RODRIGUES DE OLIVEIRA

A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE TÓPICOS DE FÍSICA ATRAVÉS DA METODOLOGIA DE MÓDULOS EDUCACIONAIS: UMA INVESTIGAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Educação da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Educação.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015.

COMISSÃO EXAMINADORA

Professor Doutor Laércio Ferracioli
Universidade Federal do Espírito Santo

Professora Doutora Denise Meyrelles de Jesus
Universidade Federal do Espírito Santo

Professor Doutor Carlos Eduardo Ferraço
Universidade Federal do Espírito Santo

Professora Doutora Maria Auxiliadora Vilela Paiva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Professor Doutor Ives Solano Araújo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

O presente trabalho relata os resultados de uma pesquisa, realizada no ano de 2011 com estudantes do *Ensino Médio*, que investigou a aplicação de modelos, simulações & visualizações computacionais na abordagem de conteúdos específicos nas disciplinas de Matemática, História, Química e Física. As aplicações ou módulos educacionais que foram realizadas nas três primeiras disciplinas objetivaram o aprimoramento dos materiais e estratégias didáticas enquanto que, as aplicações relacionadas aos conteúdos de Física, foco dessa pesquisa, delinearam além de tal aprimoramento a investigação de possibilidades, limitações, vantagens e desvantagens que tal abordagem tem em relação a esse conteúdo específico. Os resultados apresentados ao longo desse trabalho estabelecem que abordagens de tópicos específicos de Física através de atividades com modelagem computacional podem ser a princípio, realizadas em três perspectivas distintas, a saber: *Quantitativa*, *Semiquantitativa* e *Qualitativa* através do uso de modelos computacionais de representação *Microscópica* e/ou *Macroscópica*. Por fim, os resultados indicam ainda que os desempenhos dos estudantes apresentam uma porcentagem alta de acertos nas atividades com o uso desse aporte computacional e também, uma tendência de queda às vezes pequena e às vezes acentuada quando tais temáticas são realizadas em um formato tradicional e um momento posterior.

ABSTRACT

This paper reports the results of a survey conducted in 2011 with high school students, who investigated the application of models, computer simulations & views on specific content approach in the subjects Mathematics, History, Chemistry and Physics. The educational applications or modules that are performed during the first three courses aimed improvement of teaching materials and strategies while the applications related to the physical content, focus of research as outlined in addition to the investigation of enhancement possibilities, limitations, advantages and disadvantages that such an approach has in relation to that specific content. The results presented throughout this study establish that approaches the specific topics in physics by computer modeling activities can in principle be carried out at three different angles, namely: Quantitative and Qualitative Semi-quantitative through the use of computer models of microscopic representation and / or Macroscopic. Finally, the results also indicate that the performances of the students have a high percentage of correct answers in the activities with the use of computer input and also a downward trend for small times and pronounced times when such issues are held in a traditional format and a later time.

Este trabalho é inteiramente dedicado a minha família: minha mãe Divina, meu irmão Leonardo, meus filhos Gil Vitor e Giulia que sempre me apoiaram e me deram forças para seguir em frente, ainda que em muitos momentos tenham sido furtados do meu convívio durante o desenvolvimento desse estudo. A minha esposa Cláudia, amiga de todas as horas, meu alicerce na condução desse estudo, nunca me deixou desistir diante das dificuldades enfrentadas, sempre com palavras de incentivo e valorização.

AGRADECIMENTOS

A conclusão de um estudo é sempre um momento para agradecer, um momento para lembrar daqueles que fizeram parte dessa trajetória e que, de alguma forma contribuíram para a conclusão desse trabalho

Ao meu orientador Professor Laércio Ferracioli, que desde o início da jornada acreditou em meu trabalho, agradeço por todos os ensinamentos, pelos desafios que me levaram a trilhar caminhos antes desconhecidos proporcionando meu crescimento pessoal e acadêmico.

Ao Professor Ferraço e a Professora Denise, com quem partilhei o que era o broto daquilo que veio a ser este trabalho. Nossas conversas durante e para além das qualificações foram fundamentais. Desejei a participação de vocês na banca examinadora desse trabalho desde o princípio.

Aos colegas de Doutorado pelas trocas ao decorrer do curso, pelas experiências vividas em conjunto, pelas inúmeras conversas de incentivo mutuo que tivemos.

Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta Tese, o aprendizado acumulado possui valor inestimável.

“*A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,*
mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê.”
Arthur Schopenhauer

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Ilustração do Processo de Modelagem 31

Figura 02: Distribuição da Produção dos Sessenta e Oito (68) Artigos ao Longo dos Últimos Quinze Anos nos Sete (7) Periódicos Utilizados para Essa Revisão Bibliográfica 55

Figura 03: Configuração das Etapas da Pesquisa 65

Figura 04: Layout do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab^{2D} 68

Figura 05: Representação Parcial da Evolução Temporal das Simulações Computacionais do Modelo (Batalhas Medievais) Utilizado no Módulo Educacional sobre Estatística 71

Figura 06: Representação Parcial da Evolução Temporal das Simulações Computacionais do Modelo Utilizado no Módulo Educacional sobre Velocidade das Reações Químicas, Relacionado ao Fator Concentração – Na Esquerda de Cima para Baixo (Pequena Concentração) e na Direita de Cima para Baixo (Grande Concentração) nos Tempos de 0, 20 e 60 Segundos 72

Figura 07: Representação Parcial da Evolução Temporal das Simulações Computacionais dos Modelos (Batalhas Medievais) Utilizado no Módulo Educacional sobre Funções e História Medieval – A Esquerda de Cima para Baixo (Cruzada Popular, 1° Fase) e a Direita de Cima para Baixo (Cruzada Popular, 2° Fase) nos Tempos de 0, 20 e 40 Segundos 73

Figura 08: Visualização Parcial dos Modelos Computacionais do Módulo Educacional Sobre Corrente Elétrica 76

Figura 09: Visualização Parcial do Modelo Computacional do Módulo Educacional Sobre Velocidade Média 76

Figura 10: Roteiro de Atividades Desenvolvido Pelos Alunos no Módulo Educacional Sobre Corrente Elétrica 78

Figura 11: Parte da Avaliação Trimestral (AT) Aplicada em Média 6 Dias após o Desenvolvido para o Módulo Educacional sobre Corrente Elétrica 79

Figura 12: Roteiro de Atividades Desenvolvido para o Módulo Educacional Sobre Velocidade Média 81

Figura 13: Parte da Avaliação Trimestral (AT) Aplicada em Média 4,5 Dias após o Desenvolvido para o Módulo Educacional sobre Movimento dos Corpos 82

Figura 14: Representação de Um Fio Metálico no ModeLab^{2D} 136

Figura 15: Representação de Uma Pista Dupla e um Trilho de Trem no ModeLab^{2D} 144

Figura 16: Propostas de Representação dos Modelos Computacionais & Formas de Abordagens de Conteúdos em Física 189

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Categorias (Cat.) dos Artigos que versam sobre o uso do Computador, Modelos, Modelagem, Softwares/Ambientes de Modelagem, Simulação & Visualizações Computacionais no Ensino-Aprendizagem de Ciências no Brasil nos últimos Quinze anos. 49

Tabela 02: Estrutura do Estudo Piloto Sobre a Inserção dos Processos de Ensino-Aprendizagem de Ciências com Modelagem Computacional no Ensino Médio 66

Tabela 03: Organização da Atividade de Modelagem Expositiva: Corrente Elétrica 79

Tabela 04: Organização da Quinto Estudo: Velocidade Média 81

Tabela 05: Análise das Atividades da Primeira Questão do Roteiro de Atividades 91

Tabela 06: Analise das Atividades da Terceira Questão do Roteiro de Atividades 94

Tabela 07: Analise das Atividades da Avaliação Trimestral – Questão 1, item a 98

Tabela 08: Descrição Formal das Categorias de Respostas das Tabelas 05, 06 & 07 101

Tabela 09: Analise das Atividades da Segunda Questão do Roteiro de Atividades 114

Tabela 09(a): Analise das Atividades da Segunda Questão do Roteiro de Atividades 118

Tabela 10: Analise das Atividades da Quarta Questão do Roteiro de Atividades 121

Tabela 10 (a): Analise das Atividades da Quarta Questão do Roteiro de Atividades 125

Tabela 11: Analise das Atividades da Avaliação Trimestral – Questão 1, item b 128

Tabela 12: Descrição Formal das Categorias de Respostas Relatadas nas Tabelas09, 10 & 11 133

Tabela 13: Categorias de Representações dos Campos Elétricos das Tabelas 09 (a) & 10 (a) 134

Tabela 14: Tabela Cruzada com as Notas de Desempenhos e Frequências de Notas de Desempenhos para os 75 Estudantes na AMCE e na AT. 147

Tabela 15: Tabela Cruzada com as Notas de Desempenhos e Frequências de Notas de Desempenhos para os 114 Estudantes na AMCE e na AT. 160

Tabela 16: Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre a Definição Científica de Corrente Elétrica 190

Tabela 17: Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre as Configurações dos Campos Elétricos 192

Tabela 18: Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em 194

Relação às Representações dos Campos Elétricos

Tabela 19: Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre o Cálculo de Corrente Elétrica Média 196

Tabela 20: Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre o Cálculo da Velocidade Média de Três Automóveis 198

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: *Resultados de Desempenho na Disciplina de Física nos Níveis Estadual, Regional e da Unidade Escolar Investigada no PAEBES de 2013* 21

Quadro 02: Classificação e Principais Características dos Ambientes de Modelagem Computacionais 37

Quadro 03: Propostas de Trabalho com os Ambientes de Modelagem Computacional no Contexto Escolar 38

Quadro 04: Níveis de Representação de Modelos em Ciências e Suas Respectivas Descrições Propriedades & Relações com Enfoque em Química 44

Quadro 05: Escala Numérica de Medida do Desempenho dos Estudantes nas Atividades com Simulações e Visualizações Computacionais e Avaliação Trimestral Sobre Corrente Elétrica 145

Quadro 06: Escala Numérica de Medida do Desempenho dos Estudantes nas Atividades de Modelagem Computacional Exploratória e na Avaliação Trimestral 159

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 01: Diagrama Cruzado Referente às Questões 01 e 02 do Roteiro de Atividades e Questão 01, item a, da Avaliação Trimestral 104

Diagrama 02: Diagrama Cruzado Referente às Questões 03 e 04 do Roteiro de Atividades e Questão 01, item b, da Avaliação Trimestral 137

Diagrama 03: Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no Desenvolvimento das Relações Matemáticas para o Cálculo da Corrente Elétrica Média na Atividade de Modelagem Computacional Expositiva 151

Diagrama 04: Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no Desenvolvimento das Relações Matemáticas para o Cálculo da Corrente Elétrica Média na Avaliação Trimestral 151

Diagrama 05: Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no Desenvolvimento das Relações Matemáticas de Média Simples e Velocidade Média na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória 165

Diagrama 06: Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no desenvolvimento das Relações Matemáticas de Média Simples e Velocidade Média na Avaliação Trimestral 166

LISTA DE ORGANOGRAMAS

Organograma 01: Estudantes que na **AMCE** Tiveram Notas 5 e posteriormente diminuíram suas Notas para 4, 3, 2, 1 e 0 na **AT** 152

Organograma 02: Estudantes que na AMCE Tiveram Notas 5 e posteriormente Mantiveram as suas Notas em 5 na AT 155

Organograma 03: Estudantes que Diminuíram suas Notas de 4, 3, e 2 para 2, 1 e 0 Entre as Duas Atividades Escolares 156

Organograma 04: Estudantes que na **AMCE** Tiveram Notas 9 e posteriormente Diminuíram suas Notas para 8, 7, 4, 2 e 0 na **AT** 167

Organograma 05: Estudantes que na **AMCE** Tiveram Notas 9 e posteriormente Mantiveram as suas Notas em 9 na **AT** 171

Organograma 06: Estudantes que Aumentaram suas Notas Para 9 Entre as Duas Atividades Escolares 172

Organograma 07: Estudantes que Diminuíram suas Notas Para 4 e 0 Entre as Duas Atividades Escolares 173

Organograma 08: Estudantes que Permaneceram com as Notas Para 7, 4 e 0 nas Duas Atividades Escolares 174

Organograma 09: Estudantes que Aumentaram suas Notas Para 4 e 7 Entre as Duas Atividades Escolares 174

SUMÁRIO

Cap I – Contexto e Organização do Estudo 19

1.1 – O Ensino Médio no Brasil 19

1.2 – Introdução a Temática da Investigação 22

1.3 – Estrutura do Trabalho 24

Cap II – Computadores, Ciências & Ensino-Aprendizagem de Ciências 26

2.1 – Introdução 26

2.2 – Modelos 28

2.3 – Modelagem 30

2.4 – Modelos Computacionais, Modelagem Computacional & Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional na Educação em Ciências 33

2.5 – Simulações & Visualizações Computacionais 40

Cap III – Perspectivas do Atual Cenário Sobre o uso do Computador no Processo de Ensino-Aprendizagem de Física 47

3.1 – Introdução 47

3.2 – Categorização, Descrição & Analises dos Artigos da Área de Pesquisa, 1° Etapa: Uma Visão Panorâmica das Concepções, Metodologias, Organização, Conteúdos & Resultados dos Trabalhos Produzidos 48

3.3 – Distribuição de Frequência dos Artigos Analisados, 2° Etapa: Uma Visão Geral da Produção Científica da Área 55

3.4 – Algumas Ponderações Sobre o Uso do Computador em Pesquisas de Ensino-Aprendizagem de Física 58

Cap IV – Concepção do Estudo 61

4.1 – Introdução 61

4.2 – Objetivo Geral & Objetivos Específicos da Pesquisa 62

4.2.1 – Objetivo Geral 62

4.2.2 – Objetivos Específicos 62

4.3 – Questões Básicas de Pesquisa 63

4.4 – Etapas da Pesquisa 63

4.5 – O Estudo Piloto 64

4.5.1 – Estruturação do Estudo Piloto: Módulos Educacionais Aspectos Teóricos 65

4.5.2 – Estruturação do Estudo Piloto: Descrição do Software/Ambiente de Modelagem Computacional ModeLab^{2D} 68

4.5.3 – Estruturação do Estudo Piloto: Módulos Educacionais Utilizados no Estudo Piloto 69

4.5.3.1 – Os Três Primeiros Módulos Educacionais: Cruzadas & Estatística; Velocidade das Reações Químicas e Movimento das Cruzadas & Gráficos 70

4.5.3.2 – O Quarto e o Quinto Módulos Educacionais: Visualizando e Calculando a Corrente Elétrica a Partir de Um Experimento Virtual no Computador & Explorando o Conceito de Velocidade Média e Estudando Algumas Situações Cotidianas 75

4.5.4 – Descrição Detalhada dos Estudos IV & V 77

Cap V – Análise dos Modelos Microscópicos de Corrente Elétrica: *Uma Abordagem Qualitativa do Conteúdo* 85

5.1 – Introdução 85

5.2 – Aspectos Teóricos das Análises de Dados 86

5.3 – Analises do Primeiro Bloco de Dados: Tabelas com Variáveis Qualitativas Categorizações e Frequências (Corrente Elétrica) 88

5.3.1 – Análises dos Dados Referentes à Definição Científica de Corrente Elétrica em um Condutor Metálico a Partir de Simulações e Visualizações Computacionais: Movimentos dos Elétrons sem e com Diferença de Potencial (DDP) 89

5.3.1.1 – Visão Geral dos Estudantes Sobre a Definição Científica de Corrente Elétrica em um Condutor Metálico na Atividade com Modelagem Computacional e na Avaliação Trimestral 102

Cap VI – Análise dos Modelos Microscópicos de Campo Elétrico: *Uma Abordagem Qualitativa do Conteúdo* 110

6.1 – Introdução 110

6.2 – Analises do Segundo Bloco de Dados: Tabelas com Variáveis Qualitativas Categorizações e Frequências (Campos Elétricos) 110

6.2.1 – Análises dos Dados Referentes às Configurações dos Campos Elétricos em um Condutor Metálico a Partir de 112

Simulações e Visualizações Computacionais: sem e com Diferença de Potencial (DDP)

6.2.1.1 – Visão Geral dos Estudantes Sobre as Configurações de Campos Elétricos em um Condutor Metálico com e sem Tensão nas Atividades com Modelagem Computacional e também, na Avaliação Trimestral 134

Cap VII – Análise dos Modelos Microscópicos de Corrente Elétrica: *Uma Abordagem Quantitativa do Conteúdo* 142

7.1 – Introdução 142

7.2 – Aspectos Teóricos das Analises de Dados Quantitativos em Estatística 142

7.3 – Análises dos Dados Referentes ao Cálculo de Corrente Elétrica Média em um Condutor Metálico a Partir de Simulações e Produção de Dados no Computador 144

7.3.1 – Analises do Terceiro Bloco de Dados: Escala Numérica & Tabela Cruzada de Notas de Desempenho 145

7.3.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Diagramas de Notas de Desempenho 150

7.3.2.1 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Diminuíram suas Notas a Partir da Nota Máxima – 59 ≈ 76,66% 152

7.3.2.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Mantiveram suas Notas no Valor Máximo – 11 ≈ 14,67% 155

7.3.2.3 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Tiveram Variações Diversas nas Notas de Desempenho – 5 ≈ 6,67% 156

Cap VIII – Análise do Modelo Macroscópico de Velocidade Média: *Uma Abordagem Quantitativa do Conteúdo* 157

8.1 – Introdução 157

8.2 – Análises dos Dados Referentes ao Cálculo da Velocidade Média de Três Móveis a Partir de Simulações e Produção de Dados no Computador 157

8.2.1 – Analises do Quarto Bloco de Dados: Escala 158

Numérica & Tabela Cruzada de Notas de Desempenho
8.2.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Diagramas de Notas de Desempenho 164
8.2.2.1 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Diminuíram suas Notas de Desempenho a Partir da Nota Máxima – 43 ≈ 37,71% 166
8.2.2.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Mantiveram suas Notas no Valor Máximo – 35 ≈ 30,70% 170
8.2.2.3 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Aumentaram suas Notas para o Valor Máximo – 18 ≈ 15,78% 172
8.2.2.4 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Tiveram Variações Diversas nas Notas de Desempenho – 18 ≈ 15,78% 173
Cap IX – Conclusões Finais 176
9.1 – Introdução 176
9.2 – Como caracterizar o desempenho dos estudantes sobre a definição científica de corrente elétrica em um condutor metálico através das visualizações dos modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*? 177
9.3 – Como caracterizar o desempenho dos educandos sobre as configurações dos campos elétricos no interior de um condutor metálico, através de visualizações de modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*? 179
9.4 – Como caracterizar o desempenho dos alunos no cálculo da corrente elétrica média em um condutor metálico através de simulações e produção de dados numéricos, pelo professor, no quarto modelo computacional utilizado no *Estudo IV*? 183
9.5 – Como caracterizar o desempenho dos estudantes no cálculo da velocidade média de três automóveis através de simulações e produção de dados numéricos, pelos alunos, no quinto modelo computacional utilizado no *Estudo V*? 185
9.6 – Considerações Finais Sobre o Estudo Piloto 188
9.6.1 – Considerações Finais sobre Visualizações e 190

Abordagens Qualitativas de Conteúdos
9.6.2 – Considerações Finais sobre Simulações com Produção de Dados Numéricos e Abordagens Quantitativas de Conteúdos. 196
Referências Bibliográficas 202
Anexos 211

Capítulo I:

Contexto & Organização do Estudo

1.1 – O Ensino Médio no Brasil

A partir da aprovação da Emenda Constitucional n° 59, de 11 de novembro de 2009[1], o Ministério da Educação e Cultura – MEC deverá garantir até 2016 a obrigatoriedade do ensino dos 04 aos 17 anos. Tal obrigatoriedade, vai ao encontro da Meta 3 do novo Plano Nacional de Educação – PNE que propõe, entre outras coisas, a universalização do Ensino Médio até 2020 - 15 à 17 anos. Porém, para que essa obrigatoriedade e universalização sejam realmente efetivadas em todo o nosso ensino básico, é de extrema importância que os estabelecimentos escolares possam oferecer um ensino atrativo e de qualidade para garantir assim, a permanência e principalmente o sucesso dos educandos no ciclo básico da educação.

É notório que na última década e meia o Brasil avançou significativamente na oferta de vagas para o ensino médio, porém, a universalização e a adequação idade/série educacional, ainda são obstáculos que necessitamos ultrapassar. Segundo dados oferecidos pelo Documento Orientador do Programa Ensino Médio Inovador – ProEMI de 2011 do MEC, temos que:

> *"Apesar da estabilidade na oferta de ensino médio, com aumento de 20.515 matrículas em 2010, totalizando, 8.365.675 matrículas, correspondentes a 0,2% a mais que em 2009, observa-se que a escolarização dos adolescentes de 15 a 17 anos não está universalizada (SIS 2010) e a*

[1] Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc59.htm>

> *adequação idade/série educacional ainda é um desafio." (Documento Orientador: Programa de Ensino Médio Inovador – ProEMI, 2011, p. 5[2])*

A estabilidade e o paulatino aumento de vagas no Ensino Médio já é uma realidade em nosso país, porém, sua universalização ainda não. Outro aspecto relevante é o fato de que esse aumento de vagas, por si só, parece não ser suficiente para garantir o sucesso dos adolescentes na escola, uma vez que a adequação idade/série educacional é apontada como um desafio. Para além desses dois desafios quais sejam: *Universalização & Adequação Idade/Série* é preciso se pensar em um Ensino Médio que possa primar pela qualidade e que ofereça aos nossos jovens uma formação sólida e efetiva nas mais diversas áreas do conhecimento humano.

Nessa direção, um primeiro passo é conhecer onde se observa a maior concentração de oferta de vagas para esse ciclo básico no Brasil. Ainda segundo dados do Documento Orientador – ProEMI (2011), cabe destacar que:

> *" ...a rede estadual continua a ser a maior responsável pela oferta de Ensino Médio e responde por 85,9% das matrículas, enquanto que a rede privada atende 11,8% e as redes federal e municipal atendem pouco mais de 1% cada. Em 2009 o número total de estabelecimentos de ensino médio somava 25.923, sendo 18.508 da rede pública e 7.415 da rede privada" (Documento Orientador: Programa de Ensino Médio Inovador – ProEMI, 2011, p. 5)*

Dessa forma, é possível constatar que a rede Estadual deve ser o foco de ações que possam promover políticas educacionais para o aumento de vagas, sucesso escolar e principalmente melhoria da qualidade de ensino.

A partir do que foi exposto nos parágrafos anteriores é uma realidade que muito dos nossos adolescentes estão matriculados e frequentando a escola, porém, não conseguem progredir nos estudos e consequentemente reprovam ou os abandona, por apresentarem um fraco desempenho escolar.

Tal realidade parece ser ainda mais observável em disciplinas como, por exemplo, Matemática, Química e Física. Especificamente em Física, campo de interesse dessa investigação, é possível observar no Quadro 01 da próxima página

[2] Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=9607&Itemid>

que em sua grande maioria os alunos apresentam um baixo grau de rendimento nesse campo de conhecimento.

Quadro_01: *Resultados de Desempenho na Disciplina de Física nos Níveis Estadual, Regional e da Unidade Escolar Investigada no PAEBES[3] de 2013*

	Abaixo do Básico	Básico	Proficiente	Avançado
Resultado Estadual	51,3%	37,4%	7,8%	3,5%
Resultado Regional	49,3%	37,5%	9,1%	4,1%
Resultado da Escola	53,3%	38,9%	4,4%	3,3%

Os resultados mostrados acima, se referem ao desempenho dos alunos do nosso estado em três níveis: Estadual, Regional (Superintendência Regional de Carapina – SRE Carapina que abrange os municípios de Vitória, Serra, Santa Tereza e Fundão) e por fim, da Escola onde essa pesquisa foi desenvolvida.

Como se observa no Quadro 01 os resultados são similares nos três diferentes níveis que ela aborda e dessa forma, é possível constatar que, em média, metade dos alunos do Ensino Médio apresenta um desempenho considerado abaixo do básico ao término do ciclo médio; em torno de trinta e oito por cento deles conseguem atingir o nível considerado básico e os alunos considerados proficientes ou avançados giram de oito a onze por cento apenas. Tais números sinalizam em nível Estadual, que quase noventa por cento dos alunos regularmente matriculados no Ensino Médio Regular terminam seus estudos com um nível de conhecimento e proficiência baixo em Física.

[3] O Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo (PAEBES) foi criado em 2000, o Programa de Avaliação é, desde 2009, organizado pelo Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora (CAEd), através de uma parceria com a Secretaria de Estado da Educação (SEDU). O programa tem como objetivo diagnosticar o desempenho dos alunos em diferentes áreas do conhecimento e níveis de escolaridade, bem como subsidiar a implementação, a reformulação e o monitoramento de políticas educacionais, contribuindo, dessa forma, para a melhoria da qualidade da educação no Estado. No ano de 2013, os testes do PAEBES avaliaram as competências e habilidades na área de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências e Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia) dos estudantes das redes Estadual e Municipal e da EPP que aderiram ao programa. As séries avaliadas foram 4ª série/5º ano e 8ª série/9º ano do Ensino Fundamental e a 3ª série do Ensino Médio.

Diante desse panorama, a presente pesquisa se propõe a investigar como modelos e modelagem, utilizados dentro do cenário específico da educação, com foco nos modelos computacionais desenvolvidos a partir do ambiente de modelagem ModeLab^{2D}, podem ter potência para se constituírem como um possível caminho para que os conhecimentos científicos de Física possam ter maior possibilidade de serem desenvolvidos na sala de aula.

Em linhas gerais, pode-se entender que a perspectiva é investigar, no cotidiano da escola (quarta linha da Tabela 01), como a integração dos processos de ensino-aprendizagem de ciências com modelos, modelagem, simulação e visualização computacionais através do software ModeLab^{2D} pode trazer novos horizontes aos fazeres pedagógicos do professor; novas possibilidades de aprendizagem aos alunos e, por fim, novos tratamentos didáticos para conteúdos estudados nesse nível de ensino.

1.2 – Introdução à Temática de Investigação

A educação, em seu sentido lato, é um fenômeno tipicamente social e, por ter essa natureza, é possível observar ao longo da história que se tornou um fenômeno de complexidade crescente na medida em que as relações sociais também se tornaram mais complexas na sociedade contemporânea.

Nessas duas primeiras décadas do século XXI, a produção, o armazenamento e principalmente a transmissão de informações para as gerações futuras é, sem sombra de dúvidas, mais multíplice do que, por exemplo, a passagem de informação feita de forma oral de geração para geração em sociedades tribais antigas: nesse cenário todo o saber produzido pelas experiências diárias dos indivíduos não possuía um registro sistemático e a sua preservação era feita quase que exclusivamente na memória individual e coletiva dessas sociedades.

Em nosso atual contexto educacional, o fazer pedagógico possui um panorama que era inimaginável há meio século. A imersão da atual geração de crianças e jovens no oceano de informações provido pela internet e principalmente pelas redes sociais, na maioria das vezes possui apenas a dimensão do entretenimento não fazendo desse espaço virtual, um potencial lócus educativo; a imensa quantidade de textos, hipertextos e imagens em movimento das mídias

digitais, nos faz repensar o papel do livro didático na escola, apesar de se saber que este ainda é um dos pilares da nossa atual educação; a educação, com seu caráter permanente, impõe um contínuo desafio em oferta-la; e, por fim, o traço cada vez mais holístico e interdisciplinar do conhecimento se opõe a sua abordagem ainda especializada e disciplinar.

Dentro desse cenário, é possível observar que a escola possui desafios para os quais não existem respostas prontas e muito menos definitivas. Porém, existe uma certeza: o modelo escolar fundamentado pelas gerações passadas com foco na disciplina, em métodos rígidos de ensino, hierarquizada e onde o professor, auxiliado pelo livro didático, era a principal fonte de conhecimento está cada vez mais desconectada do nosso atual contexto educacional.

É preciso buscar caminhos para que a escola possa se adequar a todos esses desafios que o mundo atual vem nos impondo, ou seja, se torna necessário estabelecer diretrizes tanto teóricas quanto metodológicas que possam levar a construção de uma prática docente que se alinhe a essa nova realidade conjuntural promovendo uma educação capaz de preparar nossos jovens e adultos para o mundo na atualidade.

Nesse caminho, uma perspectiva de trabalho promissora é a infusão, no cotidiano escolar, das chamadas de Tecnologias de Informação e Comunicação - TIC`s. Neste trabalho, se relata estudos ocorridos entre os meses de outubro e novembro de 2011 que exploraram o uso das TIC`s no cotidiano pedagógico de turmas de *Ensino Médio Regular*. A proposta consistiu de atividades sobre tópicos específicos em ciências utilizando computadores da sala de informática e também na sala de aula.

A perspectiva foi estruturar e investigar diferentes abordagens para os conteúdos escolares e também, novos fazeres pedagógicos no contexto escolar associando os conhecimentos científicos a vários conceitos relacionados ao uso do computador como ferramenta pedagógica e dessa forma, observar e relatar possibilidades e limitações dessas atividades na prática docente.

1.2 – Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado em nove capítulos e seis anexos que são descritos a seguir. Este primeiro capítulo tem o objetivo de situar o leitor no contexto do estudo, bem como apresentar de modo sucinto os tópicos que serão desenvolvidos ao longo de todo o trabalho.

O Capítulo II apresenta o *Referencial Teórico* utilizado na construção da concepção dessa investigação. Assim, nesse capítulo são apresentados e discutidos os conceitos utilizados para se nortear todo o desenvolvimento e elaboração do trabalho dessa investigação.

No Capítulo III se faz uma *Revisão Bibliográfica* a partir de sete periódicos de circulação nacional, que teve como objetivos: descrever e analisar, em âmbito geral, o modo como as pesquisas de ensino-aprendizagem de Física que usam o computador e como suporte teórico, um ou mais dos conceitos de *modelos*, *modelagem*, *softwares/ambientes de modelagem*, *simulações* e *visualizações computacionais*, podem ser categorizados. O segundo objetivo, é descrever e analisar a distribuição das pesquisas nos periódicos analisados, de acordo com a categorização estabelecida, para a primeira década e meia de século XXI.

No Capítulo IV é exposta uma concepção geral da pesquisa, ou seja, são apresentados o *Objetivo Geral*, os *Objetivos Específicos* e as *Questões Básicas de Pesquisa* dessa investigação. É nesse capítulo também, que são descritos os cinco *Estudos* que compuseram a *Investigação*.

No Capítulo V, denominado de: Análise dos Modelos Microscópicos de Corrente Elétrica: *Uma Abordagem Qualitativa do Conteúdo*, os dados referentes à primeira parte do *Estudo IV* são apresentados, descritos e analisados. Nessa direção, são apresentados os resultados provenientes de atividades com e sem modelagem computacional a partir de uma abordagem qualitativa sobre a definição científica de correte elétrica em condutores metálicos.

No Capítulo VI, denominado de: Análise dos Modelos Microscópicos de Campo Elétrico: *Uma Abordagem Qualitativa do Conteúdo*, os dados referentes à segunda parte do *Estudo IV* são apresentados, descritos e analisados. Novamente,

são apresentados os resultados provenientes de atividades com e sem modelagem computacional a partir de uma abordagem qualitativa sobre as configurações ou organização de campos elétricos em um condutor metálico com e sem diferença de potencial (DDP).

No Capítulo VII, denominado de: Análise dos Modelos Microscópicos de Corrente Elétrica: *Uma Abordagem Quantitativa do Conteúdo*, os dados referentes a terceira e última parte do *Estudo IV* são apresentados, descritos e analisados. Nesse sentido, são apresentados os resultados provenientes de atividades com e sem modelagem computacional a partir de uma abordagem quantitativa para os cálculos matemáticos de corrente elétrica em condutores metálicos.

No Capítulo VIII, denominado de: Análise do Modelo Macroscópico de Velocidade Média: *Uma Abordagem Quantitativa do Conteúdo*, os dados referentes ao *Estudo V* são apresentados, descritos e analisados. Nesse sentido, são apresentados os resultados provenientes de atividades com e sem modelagem computacional a partir de uma abordagem quantitativa para os cálculos matemáticos de velocidade média para o movimento de três móveis: uma moto, um carro e um trem.

No Capítulo IX são apresentados os resultados e as conclusões finais da investigação piloto. Tais conclusões serão pautadas pelas questões básicas de pesquisa apresentadas no Capítulo IV.

Por fim, são disponibilizados nos anexos: 1) O manual do *software* utilizado nessa investigação (Anexo A), 2) Os exemplares do material instrucional desenvolvidos nas atividades (Anexos B, C, D & E) e 3) Um artigo, fruto dessa pesquisa, aceito para publicação em dezembro de 2014 na Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Anexo F).

Capítulo II:

Computadores, Ciências & Ensino-Aprendizagem de Ciências

2.1 – Introdução

A educação básica constitui um desafio na atual conjuntura educacional brasileira. Nesse sentido, pode-se citar, por exemplo, os resultados obtidos no *Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa*[1]*)* em 2012 sobre conhecimentos apresentados em leitura, matemática e ciências por estudantes no término do ensino fundamental e início do ensino médio revelando que *o Brasil ocupa o 58º lugar em matemática, o 55º lugar em leitura e o 59º lugar em ciências em um* ranking *de 65 países*, (TOKARNIA, 2013).

Esse fato no atual cenário educacional brasileiro não causa espanto, pois, o que se observa na maioria das escolas de ensino básico, com raras exceções, é um ensino pautado quase que exclusivamente no uso dos livros didáticos em aulas estritamente expositivas, contrapondo a premente demanda de integração de laboratórios de ciências e metodologias inovadoras de ensino e aprendizagem, ainda, pouco encontrada no cotidiano escolar.

O livro didático ainda se constitui como base para o ensino em qualquer sistema educacional brasileiro, porém, não se pode desconsiderar o fato de que, na atualidade, os jovens vivem em uma cultura onde imagens pictóricas

[1] A rigor, o PISA - *Programme for International Student Assessment* ou *Programa Internacional para a Avaliação de Alunos*, seleciona amostras de alunos entre 15 anos e três meses e 16 anos e dois meses de idade.

sem/com movimento aliadas aos recursos audiovisuais e tecnológicos têm grande apelo visual. Segundo ARANHA (2003):

> *A universalização da imagem não se restringe ao mundo do lazer e do entretenimento, mas dá origem a outra forma de pensar, distante do saber tradicional, em que as informações derivam mais da transmissão oral ou da escrita.* (ARANHA, 2003, p. 235)

Na dimensão educacional, não é desejável que essa perspectiva tenha um fim em si mesmo, ou seja, o seu uso deve ocorrer paralelamente à transmissão oral e escrita no contexto da escola, pois, de outra forma, pode-se incorrer no risco de se adornar uma informação sem necessariamente promover sua transformação em conhecimento para os estudantes.

Nessa conjuntura, a integração de tecnologias, em seu sentido *lato*, é uma opção natural para o cotidiano escolar, uma vez que, além de incluir distintas mídias, a sua utilização pode ser, de acordo com a estratégia adotada pelo professor, associado com o signo oral e escrito.

Como já foi mencionada no capítulo anterior, uma perspectiva de trabalho promissora é a infusão, na escola, de Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC`s. Tais tecnologias, nas últimas décadas, modificaram intensamente as relações interpessoais, sociais, comerciais e de trabalho.

Na escola não é diferente, pois, tais tecnologias se mostram cada vez mais inseridas no ambiente educacional, seja através de iniciativas institucionais das salas de informática com/sem inter/intranet ou a partir de iniciativas individuais com notebooks, smartphones com internet móvel ou tablets, tecnologias estas, que estão cada vez mais incorporadas no dia a dia dos estudantes.

Dessa forma, esse capítulo tem por objetivo principal estruturar uma discussão teórica a partir de conceitos específicos utilizados no contexto tecnológico-educacional atual, quais sejam: *Modelos*, *Modelagem*, *Modelos Computacionais*, *Modelagem Computacional, Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional, Simulações Computacionais e Visualizações Computacionais* e, a partir dessa discussão, analisar como tais conceitos podem ser estruturados para se propor atividades de ensino-aprendizagem de conteúdos específicos de ciências.

Por fim, o presente trabalho pretende estruturar e investigar diferentes fazeres pedagógicos, quando se associa conteúdos específicos de Ciências, com ênfase em Física, aos conceitos citados no parágrafo anterior, em uma perspectiva de *ciência como investigação* (FERRACIOLI *et al*., 2012) e, dessa forma, apresentar, descrever e analisar possibilidades & limitações e/ou vantagens & desvantagens de atividades dessa natureza no cotidiano da escola.

2.2 – Modelos

O que é um modelo? Apesar dessa pergunta ser formulada em poucas palavras, a sua resposta não é simples ou única e só pode ser construída com eficácia, se for levado em consideração o seu contexto de utilização. Para se exemplificar essa situação pode-se citar OGBORN (1994) que ilustra tal ponderação com o seguinte exemplo:

> *Na indústria da moda, um modelo é uma pessoa que está acostumada a usar roupas de modo que outras pessoas que podem comprar as roupas possam se imaginar usando-as. Modelos são selecionados possuindo algumas características humanas idealizadas; estas características mudam de tempos em tempos, mas sempre são ideais, como magreza, altura, cor da pele, sociabilidade, etc.* (OGBORN, 1994, p. 11, tradução nossa[2])

Nesse exemplo ilustrativo, o autor usa o termo modelo no contexto da indústria da moda. Nessa situação, tal palavra vem a designar e caracterizar uma pessoa que está acostumada a usar roupas para que outras pessoas, que podem comprar as roupas, possam se imaginar usando-as. Nessa definição, é possível perceber que a palavra modelo tem significado muito específico e distinto quando comparado, por exemplo, ao cenário das ciências puras e aplicadas.

Contudo, o autor destaca ainda que tais modelos são selecionados por apresentarem algumas características humanas idealizadas, tais como: magreza, altura, cor da pele entre outras. Essas características mudam de

[2]In the fashion industry, a model is a person who is used to wear clothes so that others who might buy the clothes can imagine themselves wearing them. Models are selected as possessing some idealized human characteristics; these characteristics change from time to time but are always ideals, such as slimness, height, skin colour, insouciance, etc.

tempos em tempos, porém, são sempre idealizadas. Nesse aspecto, a definição de modelo no mundo da moda, tem a tendência de se aproximar mais do que se distanciar quando comparado ao seu uso nas ciências, pois, na prática científica os modelos também apresentam idealizações que mudam de tempos em tempos, porém, são sempre ideais.

No cenário de investigação da presente pesquisa, o uso da palavra modelo está inserido em um contexto*, Científico-Tecnológico-Educacional* e nesse âmbito, a definição utilizada é a de que *um modelo pode ser definido como a representação de uma ideia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema* Boulter & Gilbert (1998), ou seja, a palavra/ideia central utilizada para se definir um modelo é *representação*.

Essa definição pode evoluir em direção ao entendimento de modelos tanto como representações concretas, tais como, um objeto, uma maquete, um protótipo ou um sistema físico, quanto ao entendimento de modelos como representações abstratas, tais como, um pensamento, uma ideia, um evento ou um processo.

Nesse sentido, pode-se observar que tais modelos podem abranger desde um simples jogo ou brinquedo lúdico como, pôr exemplo, um quebra-cabeça onde crianças montam figuras peça por peça; até uma construção abstrata do pensamento humano que se manifesta de uma forma muito particular e específica através do pensamento científico. Um exemplo dessa construção abstrata é a geometria de Euclides, ou geometria euclidiana, que é baseada em cinco axiomas e alguns objetos matemáticos, tais como, ponto, reta e ângulo.

Apesar dessa variedade e aplicabilidade que os modelos possuem, pode-se destacar, segundo Ogborn & Miller (1994), pelo menos, três características comuns a todos os modelos, são elas: *1) uma coisa é usada no lugar de outra; 2) simplificação e idealização dos recursos de modelagem*; e *3) tendência de usar os recursos de modelagem para os nossos próprios objetivos.*

A primeira característica apontada pelos autores pode ser entendida a partir de uma melhor analise da frase. Uma coisa, *o [modelo]*, é usada no lugar

de outra, *[mundo que nos cerca]*. Assim, os modelos são construídos a partir de uma gama de objetos, variáveis, relações e eventos, com a finalidade de representar ideias, objetos, eventos, sistemas e/ou processos do mundo real.

A segunda característica é a simplificação e idealização dos recursos de modelagem. Toda a atividade de modelagem, seja ela, lúdica, tecnológica, científica ou educacional, faz o uso de simplificações e idealizações das características, relações ou componentes do que se quer representar, *essas características mudam ou evoluem com o tempo, mas são sempre ideais* Ogborn & Miller (1994).

Finalmente, toda a atividade de modelagem começa com o interesse de se re/construir e/ou entender algum fenômeno ou processo tecnológico, científico, educacional ou social. Esse interesse é sempre o de utilizar os recursos de modelagem para os nossos próprios objetivos sejam eles quais forem. Por fim, essas três características comuns a todos os modelos podem ser resumidas em três palavras; *representação*, *simplificação* e *benefício*.

2.3 – Modelagem

Uma vez estabelecido o contexto de utilização e a partir daí o conceito de modelo junto com as suas principais características, torna-se preponderante, nesse momento, definir o que é modelagem. Nesse caminho, pode-se inicialmente compreender *a modelagem como a atividade humana de construir modelos sejam eles concretos ou abstratos* (OLIVEIRA, 2006). Contudo, dentro do contexto desse trabalho, acredita-se que essa definição não abarca totalmente a potencialidade que a modelagem pode apresentar.

Os processos de modelagem abrangem as mais diversificadas atividades humanas. Nesse sentido, pode-se citar, por exemplo, o simples cozimento de arroz que pode envolver a representação de um processo prático e cotidiano através da escrita (receita) ou o acúmulo de experiências práticas, que promoverão a memorização de tais procedimentos, que alguns autores denominam como modelos mentais. A partir da adoção de algum desses dois caminhos e também de simplificações dos mesmos alcança-se, por fim, um benefício que nesse caso, é o cozimento do arroz.

Por outro lado, os processos de modelagem podem ser de extrema complexidade e muitas vezes não terem nenhuma relação direta com o nosso cotidiano imediato. Nesse sentido, pode-se usar como exemplo os processos de modelagem que estão intrinsecamente ligados aos trabalhos da ciência e dos cientistas, segundo Harré (1978):

> *A ciência é uma representação dos padrões e processos do mundo, tanto naturais quanto sociais. O meio pelo qual nós representamos o mundo para nós mesmos são bastante diversificados, incluindo formas linguísticas, abstratas e simbólicas icônicas (pictóricas) de representação.* (Harré, 1978, p. 275, nossa tradução[3])

A ciência pode então ser entendida como uma representação de padrões ou processos do mundo natural e social e assim, o fazer científico se torna um contínuo processo de modelar onde se usam representações, tais como: estruturas linguísticas, números, equações, símbolos abstratos e símbolos icônicos (figuras). Tais representações, no cenário científico proporcionam simplificações e idealizações do que se está modelando até que por fim, seja atingido um objetivo final que beneficie a ciência, nesse caso, uma dedução matemática, a construção de uma estrutura em engenharia, a formulação de uma teoria que explique processos naturais dentre outras possibilidades. É importante destacar ainda que o processo de modelar da ciência aprimora o fazer científico em um constante elo de retroalimentação.

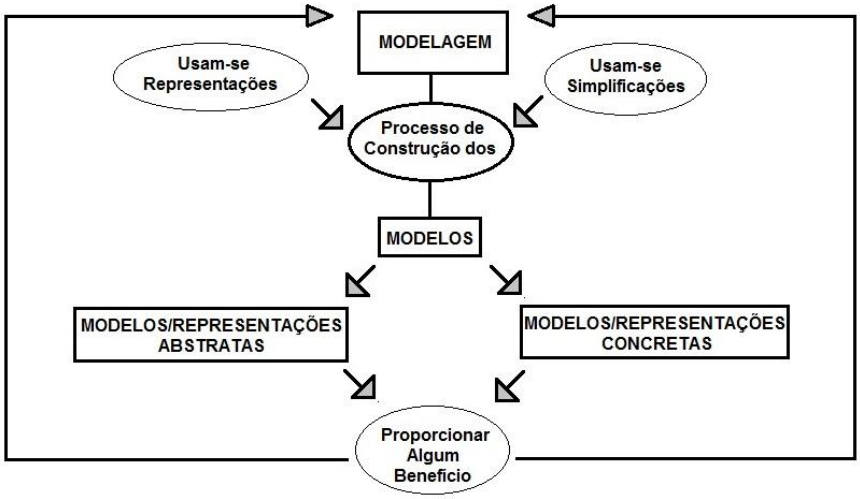


Figura 01: *Ilustração do Processo de Modelagem.*

[3]Science is a representation of the patterns and processes of the world, both natural and social. The means by which we represent the world to ourselves are quite various, including linguistic, abstract symbolic and iconic (pictorial) ways of representing.

Assim, para uma melhor compreensão teórica e também de aplicabilidade desse conceito dentro do cenário dessa investigação entender-se-á aqui a modelagem como a atividade humana de construir modelos concretos ou abstratos utilizando para tal, recursos de representação e simplificação diversos, com o objetivo de alcançar algum benefício específico, seja ele qual for. Tal definição é ilustrada na Figura 01 da página anterior.

Com isso, pode-se perceber que tão importante quanto entender que a modelagem é uma atividade humana de construção de modelos concretos e/ou abstratos é compreender também que, esse processo envolve a utilização de representações (estruturas linguísticas, números, equações, símbolos abstratos, símbolos icônicos/figuras entre outros) e simplificações/idealizações com o objetivo de que o procedimento de modelagem conduza algum benefício em particular.

Os processos de modelagem e os modelos construídos a partir de tais procedimentos são amplamente utilizados nos mais diversos ramos de conhecimento como, por exemplo, os modelos de previsão do tempo, modelos de previsão econômica, modelos estatísticos & matemáticos, modelos de engenharia, modelos lógicos e simbólicos, modelos educacionais entre tantos outros. Cada um desses modelos possui uma forma particular de representação e simplificação e são construídos com objetivos de se alcançar benefícios distintos.

Dentro da conjuntura de interesse desse trabalho os conceitos de modelos e modelagem são utilizados em um cenário específico, com foco nos modelos computacionais e nos processos de modelagem computacionais desenvolvidas a partir de softwares/ambientes de modelagem computacional, com foco na *educação*.

Acredita-se que tais tecnologias computacionais associadas a esses conceitos, tem potência para se constituir como um possível caminho para que os conhecimentos científicos possam ter uma maior possibilidade de consolidação no ambiente escolar. Assim, a próxima seção será dedicada ao desenvolvimento teórico e conceitual desses conceitos computacionais no contexto da educação.

2.4 – Modelos Computacionais, Modelagem Computacional & Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional na Educação em Ciências

O surgimento da computação e o desenvolvimento de recursos de informática dos últimos cinquenta anos, trouxeram novas e poderosas ferramentas de construção de conhecimento associada ao computador, quais sejam: os *modelos computacionais* e os processos *modelagem computacional*.

Estes, aliados a outras formas de conhecimento, geraram grande desenvolvimento de vários ramos das ciências em geral, especificamente na Física podem-se citar como exemplos: a *Física de Partículas*, *Cosmologia*, *Física Médica*, *Fractais*, *Autômatos Celulares*, dentre outras áreas.

De outra monta, a rápida popularização do computador e de suas tecnologias em todos os setores da sociedade faz desse, mais do que uma importante ferramenta de construção de conhecimento para a ciência tornando-o também, uma ferramenta para os mais diversos usos pessoais. No contexto educacional, tal ferramental pode vir a se constituir como um importante instrumento de inovação no processo de ensino-aprendizagem.

Dentro desse âmbito, o uso dos modelos computacionais e dos processos de modelagem computacional a partir de atividades escolares pedagogicamente preparadas, pode ter a potência de tornar-se uma importante estratégia/ferramenta para a inovação das práticas educacionais dos professores dentro da escola.

Para se definir os conceitos de *modelos computacionais* e *modelagem computacional* usar-se-á como base as definições de modelos & modelagem desenvolvidos anteriormente e também, algumas propriedades do computador destacadas por Ogborn & Miller (1994):

> *Computador é uma máquina. Segue passos prescritos sem considerar seu contexto ou significado. O computador é uma máquina de processamento de símbolos. Ou seja, suas prescrições operam somente em sentido sintático, semântico não, informações sobre símbolos. O fato de o computador ser uma máquina de processamento de símbolos é de fundamental interesse por causa da profunda ligação entre formalização e mecanização. Um modelo formalizado é aquele que é construído a partir de*

> *um vocabulário estritamente definido usando regras sintáticas estritamente definidas. Não sobra espaço para a interpretação ad hoc ou variação.* (OGBORN & MILLER, 1994, p. 33, nossa tradução[4])

Assim, tem-se que um *modelo computacional* pode ser definido como a representação no computador/computacional de uma ideia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema. No mesmo caminho, a *modelagem computacional* é a atividade humana de construir modelos no computador utilizando para tal, os recursos de representação e simplificação oferecidos pela máquina, com o objetivo de alcançar algum benefício específico, seja ele qual for.

O que há de especial sobre atividades escolares que usam os modelos computacionais e os processos de modelagem computacional? A resposta para essa pergunta será dividida em duas partes. Assim, em primeiro lugar, deve-se compreender que tais atividades têm como uma de suas características, o poder de contrapor os conhecimentos prévios que os estudantes têm sobre determinados fenômenos.

Nesse domínio, (NORMAN, 1983) aponta pelo menos duas características deficitárias desse conhecimento prévio, o qual ele denominou de modelos mentais, que as pessoas apresentam sobre os fenômenos naturais e sociais em geral, são elas:

1) Modelos mentais são incompletos;
2) As habilidades das pessoas em dinamizar seus modelos são severamente limitadas.

Essas duas características, sobre o que o autor denomina de modelos mentais, se complementam de forma harmônica com as duas principais potências preponderantes dos modelos computacionais e da modelagem computacional em geral, destacados por (FORRESTER, 1994), da seguinte

[4]Computer is a machine. It follows prescribed steps without considering their context or meaning. The computer is as symbol processing machine. That is, its prescriptions operate only on syntactic, not semantic, information about symbols. That a computer is a symbol processing machine is of fundamental interest because of the deep connection between formalization and mechanization. A formalized model is one which is built from a strictly defined vocabulary using strictly defined syntactic rules. No room is left for ad hoc interpretation or variation.

forma: com o uso da modelagem computacional pode-se analisar um modelo computacional de uma forma completa, através de um todo dinâmico ao invés de fragmentos estáticos e também, com a modelagem computacional, pode-se dinamizar os modelos computacionais para se observar à evolução dinâmica do fenômeno ou sistema estudado.

O segundo aspecto relevante, é o fato de que *computadores são rápidos. Um modelo computacional pode gerar rapidamente, resultados que levariam muito tempo para serem gerados através de cálculos manuais. O fato é trivial, mas, suas consequências não são.* (OGBORN & MILLER, 1994). Uma possível consequência é que o ajuste feito entre o modelo computacional e o modelo mental inicialmente concebido pelo estudante, pode estimular no educando uma possível sistematização a partir de uma rápida simulação computacional.

Nossos modelos mentais possuem sérias desvantagens, em parte tais desvantagens aparecem a partir da nossa incapacidade de sistematização e das contradições internas desses modelos Forrester (1994). Aliada a esse aspecto, pode-se ressaltar ainda, a nossa inabilidade para extrair conclusões a partir da dinâmica das estruturas que regem tais modelos. Ainda nessa perspectiva, Forrester (1994) também aponta que a partir dos modelos computacionais e dos processos de modelagem computacional, podem surgir novos "*insights*" sobre comportamentos que dão um novo significado para os nossos modelos mentais.

Nesse contexto, é importante compreender que os modelos mentais constituem a base para a tomada de decisões, mas eles podem se tornar mais relevantes e mais confiáveis a partir da interação com os modelos computacionais. A reflexão sobre os nossos modelos mentais podem ser complementadas pela modelagem computacional, e vice e versa, num constante elo de retro alimentação.

A partir do que foi exposto sobre computadores, modelos computacionais e modelagem computacional, pode-se inferir que o uso de tal ferramental associado a uma metodologia didática adequada, pode ter a potencialidade de inovação para as práticas pedagógicas dentro das salas de aulas. Nesse contexto tecnológico, do qual os nossos jovens estão imersos,

pode-se vislumbrar um possível caminho para se inovar nas práticas de ensino e aprendizagem em nossas escolas.

Contudo, é preciso ponderar, pois, não é trivial inserir esse ferramental tecnológico no ambiente escolar. Tal iniciativa implica em novas demandas pedagógicas tanto para os professores quanto para os estudantes assim como, uma estrutura organizacional e logística que, muitas vezes, não são oferecidas pelas escolas.

Aliado a esses fatores, somam-se ainda os fatos de que *a utilização de modelos e modelagem no contexto de ensino de ciências mostra-se um campo pouco explorado tanto no contexto acadêmico quanto no contexto prático de sala de aula* Quinto & Ferracioli (2008). E de forma consequente, como já era destacado por Fiolhais & Trindade (2003), tem-se também o fato de que:

> *O trabalho de avaliação sobre a real eficácia de estratégias computacionais permanece em larga medida por se fazer. Ele terá de ser feito para se ganhar uma melhor perspectiva sobre o real impacto dos computadores no ensino* (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003 p. 271)

Dessa forma, para que tais ferramentais possam se incorporar no dia a dia das escolas de uma forma eficaz acredita-se que, o primeiro passo é definir uma metodologia didática que tenha a possibilidade de ser incorporada dentro do contexto escolar para que assim, em um segundo momento, possa-se fazer estudos sobre o real impacto dessas ferramentas tecnológicas no contexto de ensino e aprendizagem na sala de aula.

Nesse momento, dar-se-á ênfase no primeiro aspecto levantado para que, nos capítulos subsequentes dessa investigação, possa-se focar na segunda questão, ou seja, como tal ferramental impacta sobre os processos de *Ensino-Aprendizagem* dos alunos.

Assim, na atual literatura especializada têm-se que os modelos computacionais e a modelagem computacional aplicadas à aprendizagem de tópicos específicos em ciência pode ser feita a partir da utilização dos chamados *Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional*. Uma possível classificação para esses ambientes é mostrada no Quadro 01 da próxima página.

Quadro 02: *Classificação e Principais Características dos Ambientes de Modelagem Computacionais*

Classificação	Principais Características
Ambientes de Modelagem ***Quantitativos***	*São ambientes com enfoque no cálculo de valores de variáveis dependentes através de suas relações algébricas* (MULINARI, 2006) *e, também, denominados de ambientes de modelagem matemática;*
Ambientes de Modelagem ***Semiquantitativos***	*São ambientes com enfoque no entendimento de relações causais entre variáveis do sistema e a análise da tendência do efeito nessas relações – acréscimo e decréscimo – mas não no conhecimento dos valores numéricos das relações algébricas* (MARINS, 2009).
Ambientes de Modelagem ***Qualitativos***	*São ambientes onde os modelos são construídos sem a especificação de variáveis, relações algébricas ou quantidades, mas pela especificação dos seus constituintes básicos e das regras que determinam seus comportamentos* (FEHSENFELD, 2010).

Esses ambientes consistem em softwares/ferramentas computacionais que proporcionam aos estudantes a construção de modelos computacionais a partir de suas próprias concepções sobre um determinado fenômeno estudado ou mesmo a exploração de modelos computacionais já construídos por especialistas sobre esses mesmos fenômenos. Assim, *tais ferramentas computacionais estão inseridas em uma proposta educacional para sua infusão em atividades de conteúdo específico* Ferracioli *et al*. (2012).

Assim, dentro do cenário dos modelos computacionais e da modelagem computacional, uma possível classificação dos *Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional*[5], segundo alguns autores, é formulada levando-se

[5]Alguns exemplos desses ambientes são: *Quantitativos* – STELLA, acrônimo de **S**tructural **T**hinking **E**xperimental **L**earning **L**aboratory with **A**nimation, cuja tradução livre para o Português é *Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação baseado no Pensamento Sistêmico* & o ambiente Vensim; *Semiquantitativo* – WLinkIt SAMPAIO (1996) que foi baseado no Ambiente IQON (KURTZ DOS SANTOS, 1992); (KURTZ DOS SANTOS & OGBORN, 1994) para o qual foi desenvolvida a versão implementada denominada Ambiente VISQ (KURTZ DOS SANTOS; THIELO & KLEER, 1997) & ambiente *SQRLab*, acrônimo de ***Semiquantitative Reasoning Laboratory*** está disponível no endereço sqrlab.modelab.org; *Qualitativo* – WorldMaker OGBORN; BOOHAN & WRIGHT (1992) e LAW & TAM (1998) & *ModeLab*^{2D}, acrônimo de ***Modelling Laboratory 2D*** *que* está disponível no endereço modelab2.modelab.org.

em consideração o raciocínio empregado na construção dos modelos nesses ambientes.

Para a inserção dos modelos computacionais e da modelagem computacional no contexto educacional através desses softwares, é possível utilizar, segundo Brandão (2012), duas propostas de atividades a partir dos ambientes de modelagem, conforme apresentado no Quadro 02. Tais propostas são definidas a partir de Camiletti (2001).

Quadro 03: *Propostas de Trabalho com os Ambientes de Modelagem Computacional no Contexto Escolar*

Classificação	Principais Características
Atividade ***Expressiva***	*O estudante é levado a construir seu próprio modelo a partir de suas concepções sobre um fenômeno ou sistema* (CAMILETTI, 2001).
Atividade ***Exploratória***	*O estudante é levado a explorar um modelo previamente construído por um professor ou especialista sobre um determinado fenômeno* (CAMILETTI, 2001).

Assim, na literatura observam-se três classificações para os ambientes de modelagem computacional e duas propostas de atividades dentro do contexto escolar. Contudo, a partir de observações em salas de aula do Ensino Médio, nessa pesquisa, foi estruturada uma terceira perspectiva de trabalho, utilizando-se os softwares de modelagem computacional, que é denominada de *Atividade* ***Expositiva***.

Nesse formato de atividade, o estudante não constrói e nem explora os modelos computacionais. Nessa perspectiva, o aluno visualiza simulações dinâmicas dos modelos computacionais, previamente construídos por um professor ou especialista sobre um determinado fenômeno, sem, no entanto, ter qualquer possibilidade de manipulação dos parâmetros ou modificação das estruturas básicas do modelo, como ocorre nas atividades exploratórias e expressivas respectivamente.

Nesse contexto de atividade, os modelos computacionais construídos nos ambientes de modelagem computacional são utilizados de forma estratégica, para proporcionar aos estudantes visualizações dinâmicas de fenômenos naturais com característica *micro* ou *macro* que põem ser ou não observáveis a olho nu como, por exemplo, fenômenos de movimento, corrente elétrica em condutores ou a dinâmica do ciclo da chuva em nosso planeta.

Na atividade expositiva, quem manipula e interage diretamente com os modelos computacionais e o software de modelagem computacional é o professor. O objetivo é propor uma forma de atividade de modelagem computacional com design específico para a sala de aula, diferindo assim, das atividades expressivas e exploratórias onde o foco metodológico se concentra na elaboração de atividades para os laboratórios de informática. Por fim, usando-se a perspectiva da *atividade de modelagem computacional expositiva*, é possível obter:

1) Um espectro mais amplo de possibilidades de simulações e visualização dos modelos, uma vez que será o professor/especialista e não os alunos, que irá manipular o modelo;

2) Uma maior infusão das atividades de modelagem computacional nas escolas, especificamente dentro da sala de aula, uma vez que nessa perspectiva não é necessário à escola possuir um laboratório de informática e sim, apenas um computador e um data-show;

3) Uma maior possibilidade de foco no conteúdo por parte dos estudantes através das visualizações dos fenômenos físicos simulados, na coleta das informações produzidas nas simulações e, por fim, na formulação de conhecimento a partir dessas informações, pois, toda a carga cognitiva de manipulação computacional da atividade fica a cargo do professor.

No âmbito dos modelos computacionais, modelagem computacional e ambiente de modelagem computacional dois conceitos ganharam uma potencialidade ímpar e inimaginável nas últimas décadas, são eles: *simulação & visualização* computacionais. Nesse sentido, vale resaltar que os modelos computacionais dinamizaram tanto a rapidez com que as informações podem ser processadas para simular perspectivas do mundo real, quanto às possibilidades de se visualizar tais perspectivas. Sendo assim, as duas próximas sessões serão dedicadas à discussão teórica desses dois conceitos inseridos nesse contexto científico tecnológico & educacional.

2.5 – Simulações & Visualizações Computacionais

Até o momento, os termos simulação e visualização foram utilizados de forma indiscriminada. Não se promovendo assim, uma reflexão sobre seus reais significados quando utilizados em uma proposta educacional vinculada aos modelos e os processos de modelagem computacionais formuladas a partir dos ambientes computacionais.

Dessa forma, faz-se necessário uma maior análise desses dois conceitos para que se possa potencializar a eficácia de todo esse ferramental, tecnológico quando utilizado em um cenário educacional. Nesse caminho, iniciar-se-á essa discussão usando, como ponto de partida, o caminho indicado por Li, Law & Lui (2006), sobre a diferenciação dos conceitos de *Simulation* & *Modelling*, segundo os autores tem-se que:

> *Simulação e modelagem são freqüentemente usados como sinônimos na literatura. Neste artigo, nós acordamos uma demarcação clara dos dois com base na natureza das atividades que eles podem suportar. A simulação pode ser classificada como modelos com regras pré-definidas de atuação e interação entre os objetos que abrangem. As simulações podem ser utilizadas para apoiar atividades exploratórias de aprendizagem em que os alunos podem explorar a simulação através da manipulação das variáveis ou parâmetros fornecidos, mas não das teorias e normas de funcionamento dos modelos. Em contraste, a modelagem proporciona aos alunos uma maior flexibilidade para modificar os modelos ou até mesmo construir seus próprios modelos, criando objetos e definindo as regras de interação. Portanto, modelagem alarga o âmbito da aprendizagem a partir exploratória para abranger atividades mais expressivas* (LI, LAW & LUI, 2006, p. 406, nossa tradução[6])

[6]Simulation and modelling are often used interchangeably in the literature. In this paper, we wake a clear demarcation of the two based upon the nature of the activities that they can support. Simulation can be classified as models with pre-defined rules of operation and interaction among objects they encompass. Simulations can be used to support exploratory learning actives in which students can explore the simulation by manipulating the variables or parameters provided, but not the underlying theories and rules of operation. In contrast modelling environments provide students with a greater flexibility to modify models or even construct their own models by creating objects and defining the rules of interaction. modelling therefore extends the scope of learning from exploratory to encompass more expressive activities

Apesar dos autores trabalharem com a diferenciação entre os conceitos de *simulação computacional & modelagem computacional*[7] e não especificamente com as definições específicas de simulação e visualização computacionais, usar-se-á esse contexto como uma fonte de analise e ponderação para, em seguida, se construir as definições desses dois conceitos no escopo dessa investigação.

Nesse caminho, inicialmente os autores destacam que na literatura específica da área, não existe uma diferenciação clara e objetiva sobre os conceitos de simulação computacional e modelagem computacional. E, na sequencia, formulam uma proposta para se diferenciar os termos em questão.

O princípio básico que norteia a distinção entre esses princípios, segundo os autores, é a forma ou natureza das atividades que eles podem dar suporte.

Nesse ponto, é importante destacar que a literatura aponta duas metodologias principais de trabalho para atividades que envolvam softwares/ambientes de modelagem computacional, são elas: Atividades *Exploratórias* e *Expressivas*. Vale destacar ainda, que nessa investigação existe uma terceira proposta de trabalho para essas atividades, denominada de Atividade *Expositiva* a qual será abordada dentro desse contexto posteriormente.

A partir desse princípio, os autores definem modelagem computacional como sendo as atividades que proporcionam aos estudantes uma maior flexibilidade para a modificação e criação de objetos e regras de interação e nesse caminho a modelagem computacional está relacionada de forma intrínseca com as atividades expressivas.

Por outro lado, a simulação computacional é classificada a partir dos modelos com regras pré-definidas de interação entre os objetos e o que eles abrangem, onde os educandos podem fazer a manipulação ou modificação dos

[7]Dentro do contexto de trabalho dos autores as palavras *Simulation & Modelling* são usadas para designar respectivamente os conceitos de simulação computacional e modelagem computacional assim, ao longo do texto usar-se-á essas duas denominações e não as suas traduções livres: simulação e modelagem.

parâmetros, porém, sem mudar suas estruturas de interação. Dessa forma, a simulação computacional está relacionada com as atividades de cunho exploratório.

Para se definir os conceitos de simulação e visualização computacionais dentro da perspectiva desse trabalho será usado como base, o princípio sugerido pelos autores, ou seja, relacionar os conceitos com as atividades que elas podem dar um melhor suporte. Contudo, o conceito de simulação computacional será complementado e, por fim, uma proposta de definição análoga será construída para o conceito de visualização computacional.

Segundo (PAIS, 2002) *a simulação é um momento específico de uma situação de aprendizagem, no qual o sujeito tem a possibilidade de perceber e de manipular parâmetros*. A partir da integração dos ambientes de modelagem computacionais nos processos de ensino-aprendizagem se torna possível proporcionar aos alunos, um espectro mais amplo de possibilidades tanto de percepção quanto de manipulação de aspectos variantes dos fenômenos estudados usando-se para isso, os modelos computacionais, o que não ocorre nas formas tradicionais de abordagens de conteúdos específicos na sala de aula.

Assim, no corpo teórico de entendimento dessa pesquisa, o conceito de simulação computacional será definido aqui como o conjunto de estratégias/procedimentos, adotados por estudantes ou professores em atividades de cunho exploratório ou expositivo respectivamente, para se manipular os modelos computacionais sem, no entanto, modificar sua estrutura ou as regras fundamentais de seu funcionamento.

Sendo assim, tal definição utiliza alguns aspectos já abordados para esse princípio, porém, ela delimita o conceito de simulação computacional a um conjunto de estratégias/procedimentos utilizados nos modelos computacionais e ao mesmo tempo, amplia as possibilidades do uso do conceito no contexto escolar ao possibilitar que professores e alunos tenham a possibilidade de fazerem as simulações computacionais.

Passar-se-á agora para a construção do conceito de visualização computacional e como tal conceito pode ser aplicado dentro de atividades

estruturadas a partir do ferramental da computação. Nesse contexto, é importante resgatar, segundo Gilbert (2010):

> *Modelagem como um elemento na metodologia e modelos científicos como o resultado de modelagem são os dois aspectos importantes da conduta da ciência e, consequentemente, da educação científica. O capítulo está preocupado com as adversidades que os alunos enfrentam na compreensão dos três "níveis" em que os modelos podem ser representadas - "macro", "sub-micro" e "simbólico" - e as relações entre eles.* (GILBERT, 2010, p. 3, nossa tradução[8])

É necessário entender que a modelagem como processo de construção de modelos além de ser um importante aspecto da ciência também o é, para a educação em ciências. Nesse cenário, existem dois desafios: 1) fazer com que os estudantes tenham a percepção que os modelos podem ser representados em três níveis: macroscópico, microscópico, & simbólico e; 2) entender quais as relações entre essas representações.

No contexto das ciências naturais, mais especificamente das ciências químicas, Johnstone (1993) e Gabel (1999) definem esses três níveis e suas relações como mostrado no Quadro_03 da próxima página.

Dessa forma, segundo os autores, as representações macroscópicas para os modelos correspondem às montagens que podem ser separadas ou isoladas te um todo e possuem ainda, a propriedade de serem observáveis a olho nu bastando para isso, que a montagem do modelo seja feita de forma conveniente.

São exemplos dessas representações: o corte transversal da folha de uma planta para observação das células vegetais em um microscópio, o estudo do movimento de um objeto em uma superfície praticamente livre de atrito, dentre outras. Assim, Tais representações são uma parte isolada do mudo ao nosso redor.

[8]Modelling as an element in scientific methodology and models as the outcome of modelling are both important aspects of the conduct of science and hence of science education. The chapter is concerned with the challengers that students face in understanding the three "levels" at which models can be represented - "macro", "sub-micro" and "symbolic" - and the relations between them.

Quadro 04: *Níveis de Representação de Modelos em Ciências e Suas Respectivas Descrições Propriedades & Relações com Enfoque em Química*

Nível de Representação	***Descrição, Propriedades & Relações***
O Nível Macroscópico	Este nível consiste no que é visto e estudado a olho nu. Exemplos simples no currículo formal de ciência são: uma solução de um produto químico puro, um disco que se move sobre um trilho de ar, uma secção transversal de uma folha. Há toda uma preparação ou experimentação em que alguns aspectos de um fenômeno natural são separados do todo para fins de estudo. Assim: um produto químico puro foi historicamente separado da mistura complexa onde ocorre naturalmente; um disco é um objeto que foi amplamente liberado da situação do atrito; uma folha é retirada de uma planta típica de uma dada família de plantas. O nível macroscópico é, portanto, uma representação de um pedaço da experiência do mundo que a ciência é capaz de explorar de forma conveniente.
O Nível Sub-Microscópico	Este nível é composto por representações microscópicas das entidades inferidas no nível macroscópico, dando origem às propriedades que exibe. Assim: moléculas e íons são usados para explicar as propriedades de soluções puras; Os lubrificantes são usados para explicar o movimento de um objeto (como um disco); As células são usadas para explicar a estrutura de uma folha.
O Nível Simbólico	Este nível é constituído por quaisquer abstrações utilizadas para representar cada item no nível Sub-Microscópico. Estas abstrações são usados como "taquigrafia" para as entidades desse nível e são também, usados para mostrar quantitativamente a quantidade de cada tipo de item presente. Assim: equações químicas e as equações matemáticas associadas ao conceito "toupeira" são usados em conjunto para representar uma solução pura; equações matemáticas são usadas para representar o movimento livre de atrito; enquanto que as células podem ser representados formalmente para indicar seu tipo, posição e número.

As representações microscópicas para os modelos correspondem às reproduções de entidades microscópicas que não podem ser observadas diretamente a olho nu, porém, tais entidades são responsáveis diretamente pelas propriedades do mundo macroscópico. São exemplos dessas representações: as estruturas atômicas como elétrons, íons, átomos e moléculas.

Por fim, as representações simbólicas para os modelos podem ser entendidas como qualquer representação ou abstração feita com símbolos para designar entidades microscópicas. São exemplos dessas representações: as equações químicas e matemáticas.

Contudo, na Física, campo de interesse principal dessa investigação, deve-se fazer uma pequena reinterpretação sobre as relações entre os três níveis de representação de modelos nas ciências naturais apresentada por esses autores. Nesse caminho, o nível de representação simbólico (the symbolic level), está conectado tanto com o nível microscópico (the sub-

miscroscopic level) quanto com o nível macroscópico (the macroscopic level) de representação de modelos.

Assim, dentro do cenário de conhecimento da Física as representações simbólicas são feitas quase que exclusivamente a partir da linguagem matemática. Tais representações são usadas tanto para designar estados ou quantidades microscópicas como *Spin*, *Estados de Emaranhamentos Quânticos* quanto estados ou quantidades prioritariamente macroscópicas como *Velocidade*, *Aceleração*, *Força* entre outras se conectando assim, nos níveis micro e macro de representação dos modelos. Por fim, cabe ressaltar que tanto na Química quanto na Física os modelos produzidos pelos cientistas podem ser classificados em alguma desses três níveis de representatividade.

Dentro do contexto educacional do ensino-aprendizagem de Física através do computador, os modelos computacionais tem prioritariamente a função de representar aspectos do mundo natural nos dois primeiros níveis, ou seja, macroscópico e microscópico.

Assim, por exemplo, tais modelos são construídos para se representar os processos dinâmicos de uma corrente eletrônica passando por um condutor metálico, o processo de fissão nuclear utilizado nas usinas, o movimento de um automóvel em uma rodovia ou ainda, o ciclo de matéria e energia no processo de formação de chuvas dentre tantas outras possibilidades.

A representação simbólica é feita prioritariamente em uma abordagem matemática e não computacional. Os modelos computacionais microscópicos ou macroscópicos são estudados a partir das quantidades variantes associadas aos fenômenos. Por exemplo, ao se criar um modelo computacional dinâmico sobre corrente elétrica em um condutor metálico para uma aula de Física, seria necessário também, à utilização da equação matemática de corrente ($\mathbf{i_{Média} = \Delta Q/\Delta t}$).

Dessa forma, a visualização computacional ganha um papel de destaque quando se usam modelos computacionais de fenômenos micro ou macro para o estudo das ciências Físicas, pois, uma das principais potencialidades desses modelos é exatamente tornar possível que os fenômenos possam ser

representados de forma dinâmica, ou seja, com movimento na tela do computador.

Nesse sentido, (PAIS, 2002) destaca ainda que:

> *No caso de programas destinados à visualização de figuras representativas de conceitos, em que tais figuras sejam dotadas de movimento, não se trata mais da representação por um único ponto de vista como nas perspectivas estáticas, tais como aquelas que se encontram nas páginas do livro. A variabilidade dos ângulos e a inclusão do movimento permitem uma mudança radical do processo de representação.* (Pais, 2002, p.153)

É preponderante entender que os softwares de modelagem computacional permitem a construção/exploração/visualização de modelos computacionais dinâmicos que, no caso da Física, representam fenômenos naturais microscópicos e macroscópicos.

O conceito de visualização computacional será definido aqui como o conjunto de processos ou situações dinâmicas que evoluem quadro a quadro de forma icônica, visualizadas a partir dos modelos computacionais de representatividade micro ou macro, adotadas pelo professor em atividades educacionais com o computador de cunho prioritariamente expositivo.

É importante destacar que, as atividades educacionais com modelagem computacional são entendidas como um possível elo para potencializar aos estudantes um caminho para a construção do saber. Dessa forma, com essa perspectiva de trabalho pretende-se, em última análise, promover o engajamento dos alunos no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que a natureza da modelagem computacional propicia o foco na construção, exploração e visualização de mundos artificiais micros e macros o que pode se caracterizar como o fio condutor para desencadear nesses estudantes um maior engajamento no processo de ensino-aprendizagem por eles mesmos.

Construído o referencial teórico no qual essa proposta de pesquisa esta alicerçada, o próximo capítulo será destinado a construir uma revisão de literatura descrevendo e analisando os principais trabalhos publicados na área, em periódicos nacionais, nos últimos quinze anos.

Capítulo III:

Perspectivas do Atual Cenário Sobre o Uso do Computador no Processo de Ensino-Aprendizagem de Física

3.1 – Introdução

Este capítulo possui dois objetivos específicos. O primeiro é descrever e analisar, em âmbito geral, o modo como as pesquisas de ensino-aprendizagem de Física que usam o computador e, como suporte teórico, um ou mais dos conceitos de *modelos*, *modelagem*, *softwares/ambientes de modelagem*, *simulações* e *visualizações computacionais*, discutidos no capítulo anterior, podem ser categorizados. O segundo objetivo, é descrever e analisar a distribuição das pesquisas em periódicos nacionais, de acordo com a categorização estabelecida nesse capítulo nessa primeira década e meia de século XXI.

O trabalho de revisão sobre os aspectos deste capítulo incluem consultas a sete periódicos nacionais. O período estabelecido para busca foi de quinze anos, a partir de 2000. Entretanto, alguns periódicos foram criados posteriormente. De acordo com os critérios de classificação do sistema *WebQualis* da Capes, em 2009, tais periódicos se constituem nas principais referências para o Ensino-Aprendizagem de Física.

Foram consultados os seguintes periódicos: *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Ensino, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Revista*

Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física e Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

Para a seleção dos artigos, os portais eletrônicos de todas as revistas supracitadas foram acessados e, para cada volume a partir do ano de 2000, foi feito uma primeira leitura dos títulos e resumos dos artigos publicados. Após esse processo, foram selecionados todos os artigos que contivessem em seu título ou resumo um ou mais das seguintes palavras/termos chaves: *computador*, *modelos computacionais*, *modelagem computacional*, *softwares/ambientes de modelagem computacional*, *simulações computacionais*, *visualizações computacionais* ou correlatos e que estivessem relacionados a práticas de ensino-aprendizagem de Física.

Após essa primeira seleção, procedeu-se uma análise de todos os artigos selecionados e consequente categorização, Tabela 01, cumprindo-se assim o primeiro objetivo do capítulo. Após essa classificação, analisou-se a distribuição de frequência dessas publicações ao longo do tempo, Figura 02, com o objetivo e descrever e analisar a arte de produção de pesquisas na área de interesse desse trabalho. Por fim, cabe ressaltar que para a construção desse capítulo foram utilizados sessenta e oito (68) artigos.

3.2 – Categorização, Descrição & Analises dos Artigos da Área de Pesquisa, 1° Etapa: Uma Visão Panorâmica das Concepções, Metodologias, Organização, Conteúdos & Resultados dos Trabalhos Produzidos.

Após a pesquisa de revisão bibliográfica nos sete periódicos nacionais e suas respectivas seleções e leituras, foi possível estabelecer sete (7) categorias de analises, mostradas na Tabela 01 da próxima página. Tais classificações, foram pautadas por dois critérios principais, são eles: I – Os Softwares utilizados nas pesquisas são de cunho prioritariamente educacional ou comercial e II – Os artigos relatam aplicações reais ou apenas discutem implicações teóricas e/ou possíveis utilizações desse ferramental no contexto educacional.

Nesse ponto, é importante entender que essa classificação é utilizada com o intuito de organizar e entender, mesmo que forma parcial, como a produção de trabalhos científicos nessas temáticas se desenvolveram no Brasil ao longo dos últimos anos. Não é objetivo de tal procedimento, criar regras rígidas e herméticas para a categorização de pesquisas nessa área de conhecimento dessa forma, tal procedimento não está isento de sobreposição dos trabalhos aqui revisados entre as categorias estabelecidas.

Tabela_01: *Categorias (Cat.) dos Artigos que versam sobre o uso do Computador, Modelos, Modelagem, Softwares/Ambientes de Modelagem, Simulação & Visualizações Computacionais no Ensino-Aprendizagem de Ciências no Brasil nos últimos Quinze anos.*

Cat.	Descrição da Categoria	N° & %.
1	Artigos que são exemplares de aplicações do computador através dos Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional, como discutido no Capítulo II, em atividades de Ensino-Aprendizagem de conteúdos específicos de Física no contexto educacional.	***20 ou ≈ 29,41%***
2	Artigos que apresentam possíveis usos do computador através de Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional em atividades de Ensino-Aprendizagem de conteúdos específicos de Física, porém, não relatam aplicações desse ferramental no contexto educacional.	***13 ou ≈ 19,11%***
3	Artigos que são exemplares de aplicações do computador através de Softwares, que não são especificamente Ambientes de Modelagem Computacionais, em atividades de Ensino-Aprendizagem de conteúdos específicos de Física.	***6 ou ≈ 8,82%***
4	Artigos que são exemplares de possíveis usos do computador através de Softwares, que não são especificamente Ambientes de Modelagem Computacionais, em atividades de Ensino-Aprendizagem de conteúdos específicos de Física, porém, não relatam aplicações desse ferramental no contexto educacional.	***13 ou ≈ 19,11%***
5	Artigos que são exemplares de aplicações, no contexto educacional, do computador através do uso de Softwares de coleta/aquisição de dados a partir de experiências reais em laboratórios ou salas de aulas para o desenvolvimento de atividades de Ensino-Aprendizagem de conteúdos específicos de Física.	***2 ou ≈ 2,95%***
6	Artigos que são exemplares de discussões teóricas ou de revisão de literatura a cerca do uso do computador e suas tecnologias, no sentido lato, no contexto de ensino-aprendizagem da Física.	***11 ou ≈ 16,18%***
7	Artigos que são exemplares de aplicações do uso do computador e suas tecnologias, no sentido lato, em cursos de formação de professores de Física.	***3 ou ≈ 4,42%***
TOTAL		***68 ou 100%***

Como pode ser observado, os artigos acadêmicos foram classificados em sete (7) categorias: vinte (20) na categoria 1; treze (13) na categoria 2; seis (6) na categoria 3; treze (13) na categoria 4; dois (2) na categoria 5; onze (11) na categoria 6 &, por fim, três (3) na categoria 7 perfazendo assim, o total de sessenta e oito (68) artigos revisados. Nas páginas seguintes são descritos e analisados os principais aspectos desses trabalhos.

Categoria 1: Como ponto de partida, pode-se destacar que vários trabalhos dessa categoria propõem, entre outras coisas, a utilização de conceitos/teorias, tais como: princípios de sistemas de Forrester; estratégias de conflitos cognitivos de Posner; teoria sociointeracionista de Vygotsky com ênfase curricular em Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS); ideias de David Hestenes; teoria de aprendizagem significativa de Ausubel; momentos pedagógicos de Delizoicov; pesquisa etinometodológica & modelos conceituais como suporte teórico para as atividades computacionais propostas no contexto educacional.

Outro aspecto importante desses artigos é o fato dos estudos que abordam conteúdos específicos de Física, em muitos casos, serem desenvolvidos através de material instrucional impresso, uma espécie de *"roteiro de atividades"*, aliado aos modelos construídos através dos Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional STELLA; WLinklt; Prometeus; Modellus ou similares como a linguagem LOGO; software "Água Viva"; Tracker e Objetos de Aprendizagem (OA).

Em relação aos conteúdos abordados existe uma diversidade de temas, por exemplo, sistema massa-mola; mecânica; leis de Newton; movimento dos corpos; cinemática; Física Quântica – orbital eletrônico, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula, interação da radiação com a matéria –; colisões; circuitos elétricos simples; pêndulo simples e resfriamento, entre outros. Em relação ao contexto educacional onde tais atividades são desenvolvidas, pode-se observar uma variedade dos níveis, são eles: médio, superior & técnico.

São apontados como principais resultados desses estudos, o melhor delineamento e entendimento sobre os seguintes aspectos: interação e desempenho dos alunos na utilização dos ambientes; levantamento das habilidades para construir, alterar, relacionar e explicar modelos propostos em atividades expressivas; dificuldades para delimitar sistemas em estudos, entender influencias de variáveis umas sobre as outras e os conceitos físicos envolvidos; a construção de novas estratégias pedagógicas para a efetivação dessas atividades com o objetivo de promover mudanças de concepções espontâneas & de contraposição de conceitos científicos e concepções dos

alunos; o levantamento e superação de dificuldades de analise de gráficos em cinemática & de concepções errôneas sobre orbitais eletrônicos; diferenças e similaridades entre atividades experimentais e com simulação computacional; evolução conceitual; aumento da curiosidade nos conteúdos abordados; maior motivação e engajamento nos estudantes; índices de acertos (desempenho) nas atividades assistidas com modelagem computacional, animações como ferramentas que facilitam a interpretação de modelos conceituais, dentre outros aspectos.

Categoria 2: Inicialmente, observa-se nessas pesquisas que as possíveis aplicações das ferramentas de modelagem podem ser utilizadas, com objetivos distintos, por alunos e professores. No processo de ensino-aprendizagem de Física, são discutidos como principais aspectos dessas possíveis aplicações, os seguintes parâmetros: tratamento de situações não lineares e mais próximas de situações reais; a visualização científica e realidade virtual; visão crítica da ciência e do ensino de ciências e metodologias para a elaboração de modelos computacionais objetivando simular fenômenos físicos. Para tal, são utilizados os seguintes Softwares/Ambientes de Modelagem Computacionais Modellus; Stellarium, SimQuest ou similares, tais como: os softwares Electras; Easy Java Simulations-Ejs; Objetos de Aprendizagem (OA) e Hipermídias.

Os conteúdos abordados podem ser vários como, por exemplo, a 2° lei de Newton; cargas elétricas; campos elétricos; óptica; osciladores acoplados & equações diferenciais; sistemas massa-mola; equação de Schroedinger independente do tempo; dualidade onda-partícula; pêndulo duplo; atrator de Lorenz; lançamento vertical; máquinas térmicas; história da Física através de simulações virtuais do experimento de Galileu para o plano inclinado.

Como principais resultados podem-se apontar: as elaborações de propostas e materiais – modelos computacionais idealizados – para o estudo de fenômenos físicos; algumas possibilidades de usos desses modelos no âmbito educacional; o apoio que tal ferramental pode oferecer para facilitar visualizações de fenômenos & resultados numéricos e analíticos dessas simulações.

Categoria 3: Em primeiro lugar, em algumas dessas investigações, foram utilizados aportes conceituais/teóricos, tais como: teoria da aprendizagem significativa de Ausubel; Modelo do Processamento da Informação de Robert Gagné; estratégias como Predict-Observe-Explain (POE) como suporte teórico para as atividades computacionais propostas. Para a implantação dessas atividades, utilizaram-se softwares ou ferramentas computacionais de cunho prioritariamente comerciais, que não possuem uma arquitetura didática específica como, por exemplo, planilhas eletrônicas; plataformas para criação de sites; CD-ROM; textos didáticos em HTML e editores de vídeos.

Tais aplicações são utilizadas para ilustrar fenômenos físicos para alunos de níveis universitário, médio regular e educação especial. Os conteúdos abordados são referentes à gravitação; óptica; luz & visão; campos & potenciais elétricos. Por fim, resultados apontam para aumento da motivação e autonomia nos estudos e boa receptividade desses materiais por parte deles.

Categoria 4: Como ponto de início, pode-se destacar que as pesquisas dessa categoria são desenvolvidas nos âmbitos do ensino médio e universitário. Observa-se em tais trabalhos, perspectiva de utilização de softwares preponderantemente comerciais para o ensino-aprendizagem de Física. São exemplos de tais programas: o Maple (programação); utilização de linguagens de programação diversas; planilhas eletrônicas; programas gratuitos para cálculos numéricos de campos vetoriais; softwares de analise de vídeos; animações em linguagem Flash; software Ansys-CFX 12.1 de métodos de volumes finitos; software (StroboMovie) de captura de frames de vídeos no formato (MPEG); linguagem Actionscript e software MUFCosm, construído em Python.

Na perspectiva de uso de tal aporte computacional, foram abordados conteúdos referentes há: teoria eletromagnética; física nuclear; interferência ondulatória; pêndulo simples; movimento browniano; história da Física; mecânica dos fluídos; movimento dos corpos; sistema solar; evolução do universo, entre outros. Observou-se ainda, atividades interdisciplinares entre Física, Matemática e Computação em um dos artigos aqui analisados.

Em termos de resultados podem-se destacar as novas possibilidades do uso do computador como instrumento pedagógico; apresentação dos resultados das simulações promovidas e suas interpretações a partir de analises gráficas; resultados de estudos comparativos entre métodos analíticos e numéricos para cálculos de capacitância/força elétrica e fluxo elétrico/forças de campos elétricos; avaliações dessas ferramentas computacionais no contexto da educação de ciências; explicitação das linhas de códigos – quando a aplicação foi desenvolvida em alguma linguagem de programação.

Categoria 5: Inicialmente pode-se destacar que, nas pesquisas dessa categoria, foram utilizados equipamentos eletrônicos, tais como: emissores e receptores de ondas sonoras e sensores de forças. Tais aparelhagens, conectadas a computadores que possuem softwares de aquisição de dados proporcionam atividades de ensino-aprendizagem de Física com design específico para laboratórios de ciências.

Os conteúdos abordados nessas atividades foram à velocidade do som e atrito cinético entre duas superfícies respectivamente. Como resultados, pode-se destacar que tais trabalhos apresentam as montagens experimentais & respectivos resultados encontrados nos experimentos e por fim, sugestões de aplicação no contexto educacional para laboratórios de Física e sala de aula.

Categoria 6: Os artigos dessa categoria, são direcionados as discussões conceituais/teóricas, sobre o uso do ferramental computacional, relacionadas com os seguintes fatores: vantagens e desvantagens de tal uso; importância das animações, simulações & modelagem no contexto de ensino-aprendizagem; conexões com os parâmetros curriculares nacionais (PCNEM); desenvolvimento histórico dos processos de modelagem computacional e suas relações com algumas teorias de aprendizagem; visões panorâmicas sobre a arte da produção desses trabalhos; uso do computador como ferramenta de aquisição de dados em laboratórios de Física e interface tecnologia/conhecimento no ensino-aprendizagem específico de Física.

Têm-se também, que alguns desses artigos procuram estabelecer diálogos com teorias educacionais da aprendizagem significativa de Ausubel-

Novak-Gowin; Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird; diagramas AVM – adaptação do V do Gowin para a modelagem computacional.

Tais trabalhos procuram mostrar, entre outras coisas, características essências de Softwares/Ambientes de Modelagem Computacionais como o Modellus bem como, delinear outras perspectivas de uso do computador como, por exemplo, realidade virtual; aquisição de dados em laboratório e/ou pela internet, entre outras possibilidades.

Como resultados principais, pode-se apontar: perspectivas teóricas e metodológicas para o uso desse ferramental no contexto educacional; estabelecimento de relações entre simulações e experimentação real em ciências; potencialidades e dificuldades de implantação das estratégias computacionais para o ensino-aprendizagem de Física; predileção, em trabalhos da área por abordagens em mecânica newtoniana; convicção que a modelagem computacional é uma das mais efetivas estratégias didáticas para a melhoria da compreensão de conceitos científicos; constatação de que a modelagem possui um entendimento amplo e, por fim, que muitas vezes desconsidera o seu contexto de utilização dentro das ciências exatas.

Categoria 7: Inicialmente, pode-se destacar que esses trabalhos expõem a necessidade de se investir em cursos de formação inicial e pós-graduação de professores; na concepção e construção de ferramentas computacionais com design específicos para as particularidades de cada ciência. Apresenta-se também, alguns softwares educativos utilizados em estudos de formação de professores, tais como: Vest 21 Mecânica; hipertextos; planilhas eletrônicas e o software/ambiente Modellus.

Alguns resultados desses estudos indicam que essas ferramentas computacionais utilizadas em cursos de formação de professores são bem avaliadas; tem a potencialidade de promover mudanças nas concepções sobre ensino, conteúdo, metodologia, e avaliação na Física indicando assim, boa aceitação de tais ferramentais pelos professores em suas práticas educativas.

3.3 – Distribuição de Frequência dos Artigos Analisados, 2° Etapa: Uma Visão Geral da Produção Científica da Área

Com o objetivo de se entender como se deu a distribuição desses sessenta e oito (68) artigos, categorizados, descritos e analisados na seção anterior construiu-se um gráfico de frequência, apresentado na Figura 02, onde se mostra como tais trabalhos se distribuíram ao longo dos últimos quinze (15) anos.

Pode-se observar nesse gráfico que as categorias dos artigos foram organizadas em cores, sendo que a cores preta, verde, vermelha, azul, amarela, lilás e marrom correspondem às categorias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 respectivamente, Tabela 01. As quantidades de trabalhos são explicitadas na frente de cada categoria; as linhas tracejadas são usadas para se delimitar o inicio e o fim de cada ano e a linha do tempo tem início no ano de 2000 e término em 2014.

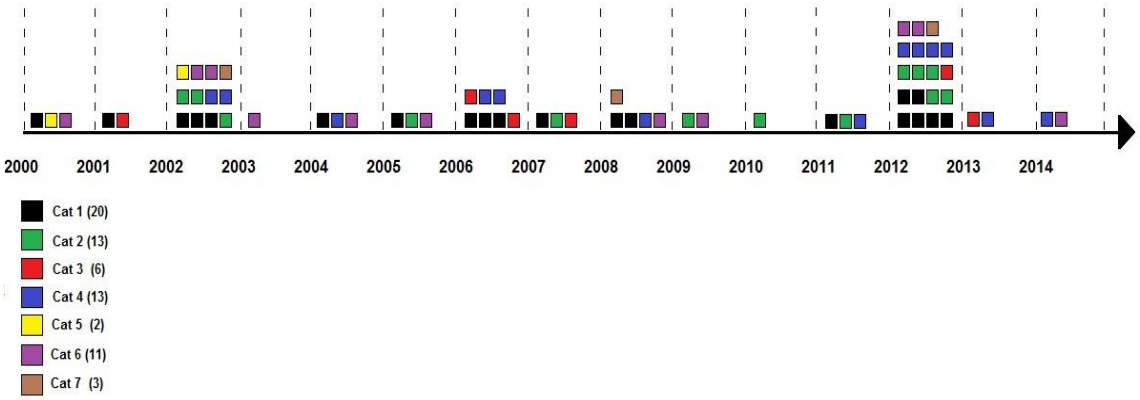


Figura 02: *Distribuição da Produção dos Sessenta e Oito (68) Artigos ao Longo dos Últimos Quinze Anos nos Sete (7) Periódicos Utilizados para Essa Revisão Bibliográfica*

É importante que se compreenda que tal gráfico é apenas uma visão parcial da frequência de produção da área, pois, refere-se somente a um conjunto limitado de publicações nacionais. Porém, mesmo que parcial tal visão é importante por oferecer subsídios para a compreensão de aspectos relevantes sobre a produção de conhecimento nesse campo de pesquisa e assim, levar a um melhor direcionamento de ações presentes e futuras nesses contextos de investigação.

Em linhas gerias, é possível observar que as pesquisas da área se diluem ao longo do tempo. Excetuando-se os anos de 2002 e 2012 com doze

(12) e dezenove (19) publicações em edições especiais – voltadas especificamente para a temática dos computadores e seus ferramentais no contexto educacional – na *Revista Brasileira de Ensino de Física* e *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* respectivamente; a média de trabalhos acadêmicos publicados em periódicos é de aproximadamente 2,84 artigo/ano, um número relativamente baixo.

Dentro desse contexto, observa-se que existe uma grande demanda por trabalhos acadêmicos nesse campo de investigação. Tais pesquisas são de fundamental importância, pois, a partir delas é que são delineados com maior clareza e exatidão aspectos de cunho teóricos e metodológicos para que assim, possam ser consolidados de forma mais efetiva, o uso de tais tecnologias nos vários contextos educacionais possíveis.

Analisando o gráfico a partir das classificações dos artigos pode-se observar em primeiro lugar que: em relação à ***Categoria 1*** *(Cor preta)*, houve uma distribuição aproximadamente uniforme ao longo do tempo sendo que, nos anos de 2003, 2009, 2010, 2013 e 2014 não foi observado trabalhos com o enfoque específico de tal categoria. Como já era explicitado na Tabela 01 e agora também, no gráfico da Figura 02, o maior número de publicações se encontra catalogado nessa perspectiva, ou seja, há um maior esforço em promover atividades de conteúdos específicos de Física pautados pelo uso de softwares/ambientes modelagem prioritariamente educativos.

Em relação à ***Categoria 2*** *(Cor verde)*, tem-se uma não uniformidade da distribuição dessas pesquisas e consequentemente a não promoção efetiva de uma discussão continua sobre possíveis aplicações de atividades pautadas pelo ferramental computacional educativo. Podem-se observar ao longo desses quinze anos que foram publicados artigos nos anos de 2002, 2005, 2007, 2009, 2010, 2011 e 2012, ou seja, em menos da metade do período em questão.

Na ***Categoria 3*** *(Cor vermelha)*, observa-se um pequeno número de artigos publicados e consequentemente não existe nenhuma uniformidade nessa categoria. Nesse contexto, é possível observar que existe uma (1) publicação nos anos de 2001, 2007, 2012 e 2013 e duas (2) publicações em 2006 perfazendo assim, um total de seis (6) artigos em quinze anos. Dessa

forma, concluiu-se que atividades de conteúdos específicos de Física em softwares comerciais são pouco abordadas no contexto educativo.

Por outro lado, observando-se a ***Categoria 4*** *(Cor azul)*, ou seja, trabalhos que apresentam possíveis aplicações de softwares prioritariamente comerciais em atividades educacionais de conteúdo específico de Física, é possível notar uma maior quantidade e consequentemente uma melhor distribuição de tal temática nos últimos quinze (15) anos. Assim, tem-se a seguinte distribuição: uma (1) publicação nos anos de 2004, 2008, 2011, 2013 e 2014; duas (2) publicações nos anos de 2002 e 2006 & quatro (4) publicações no ano de 2012. Contudo, é importante relatar que a maioria desses artigos são aplicações muito específicas de softwares matemáticos em problemas numéricos relacionados ao ensino universitário, poucos desses trabalhos têm perspectiva de aplicação, por exemplo, no ensino médio.

Na ***Categoria 5*** (Cor amarela) nota-se um número muito reduzido de trabalhos, apenas dois (2), um em 2000 e outro em 2002. Nesse contexto, observa-se que o uso do computador aliado a softwares de aquisição de dados para atividades de ensino-aprendizagem de Física é muito pequeno e não se publica nessa perspectiva nos últimos treze (13) anos.

Para a ***Categoria 6*** (Cor lilás) é possível observar a seguinte distribuição de frequência: uma (1) publicação nos anos de 2000, 2003, 2004, 2005, 2008, 2009 e 2014 & duas (2) publicações nos anos de 2002 e 2012. Nessa perspectiva, pode-se inferir que artigos de discussões teóricas e revisão de literatura têm apenas permeado a literatura especializada ao longo desses anos. Tais trabalhos são importantes uma vez que, a reflexões e ponderações sobre conceitos e/ou aportes teóricos de teorias de aprendizagem em junção com as temáticas do computador e suas tecnologias tem a potencia de fazer com que tais pesquisas se tornem mais relevantes no contexto questão.

Na ***Categoria 7*** *(Cor marrom)*, nota-se também um número muito reduzido de artigos publicados, quando comparadas as outras categorias – excetuando-se a 5. É observada apenas uma (1) publicação nos anos de 2002, 2008 e 2012. Dessa forma, pode-se inferir que o computador e todo o seu ferramental tem sido pouco explorados em cursos de formação de professores,

seja na perspectiva inicial ou continuada. Por fim, é importante entender que para se difundir tais metodologias e aportes pedagógicos é importante que os professores sejam formados e capacitados para tais práticas.

3.4 – Algumas Ponderações Sobre o Uso do Computador em Pesquisas de Ensino-Aprendizagem de Física

Fazendo-se uma análise de tudo o que foi descrito e exposto nas sete (7) categorias desse capítulo; no fato, apontado no capítulo II, de que não existe uma divisão muito exata entre os conceitos de modelagem, simulação & visualizações computacionais e, por fim, na constatação específica, apontada pela categoria 6, de que a modelagem possui um entendimento amplo e que, muitas vezes, desconsidera o contexto de sua utilização; torna-se importante delinear algumas considerações sobre tais aspectos.

Em primeiro lugar, é possível perceber que todo o aporte computacional aplicado no contexto de ensino-aprendizagem de Física, possui uma gama muito ampla de fatores que devem ser consideradas antes de qualquer iniciativa. Nesse aspecto, pode-se considerar, por exemplo, se tais atividades terão embasamento teórico a partir de alguma teoria de aprendizagem específica ou não.

Outro aspecto importante é o fato de se levar em consideração os resultados já alcançados na área. Para essa investigação, os resultados mais relevante são referentes à categoria 1, ou seja, sobre aplicações de atividades com o aporte computacional nos vários níveis de ensino. Nessa direção, é possível, mesmo que de forma parcial, estabelecer um vínculo entre tais resultados e os conceitos de modelagem, simulação e visualização já estabelecidos anteriormente.

Dentro dessa perspectiva, resultados como: interação e desempenho com os ambientes computacionais & habilidades e dificuldades em delimitar, construir, alterar, relacionar e explicar modelos computacionais tem relação prioritária com o conceito de modelagem computacional, ou seja, atividades onde os alunos constroem os modelos para representar e explicar algum fenômeno físico – atividades denominadas expressivas.

Por outro lado, resultados como: habilidades e dificuldades em entender influências de variáveis umas sobre as outras & dificuldades na analise de gráficos a partir de dados coletados nas atividades tem uma relação mais direta com a simulação computacional, ou seja, em atividades que os alunos não constroem os modelos apenas os exploram – atividades exploratórias.

Contudo, uma terceira vertente dessa interpretação tem delineado também o interesse desse estudo. Assim, o uso de animações, nessa investigação entendidos como modelos computacionais dinâmicos, como ferramentas que facilitam a interpretação de modelos científicos tem uma relação intrínseca com o que, no campo de entendimento dessa pesquisa, é definido como visualização computacional, ou seja, atividades onde os alunos não constroem e nem manipulam os modelos – atividade expositiva.

Um terceiro ponto de reflexão estabelecido aqui é como os modelos computacionais, representativos dos fenômenos físicos, construídos nas atividades expressivas ou para as atividades exploratórias ou expositivas podem ser classificados: modelos de representatividade microscópica ou macroscópica? E como tal classificação pode potencializar o direcionamento das atividades educacionais?

Nesse sentido, modelos computacionais construídos para representar sistema massa-mola, movimento e colisões de corpos macros, pêndulo simples, fenômenos relacionados às leis de Newton, lançamentos de corpos, entre outros podem ser classificados na perspectiva da representatividade macroscópica.

Por outro lado, modelos computacionais desenvolvidos para representar fenômenos de Física-Quântica, tais como: orbitais eletrônicos, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula, interações das radiações com a matéria ou ainda, modelos que representam fenômenos de resfriamento, cargas, campos e potenciais elétricos, por exemplo, podem ser classificados como modelos de representatividade microscópica.

Dependendo das características dos softwares/ambientes de modelagem computacionais utilizados, os modelos podem não ter uma

diferenciação muito nítida para as representatividades macro ou micro. Contudo, o direcionamento dos modelos computacionais para o entendimento dos fenômenos físicos independe dessa classificação pode ser feita através de perspectivas distintas.

São possíveis as seguintes perspectivas: uso de equações, variáveis e números (*interpretação matemática dos modelos*); analises de proporcionalidades entre variáveis, diretamente ou inversamente proporcionais, porém, sem envolver quantidades específicas ou números (*interpretação de proporcionalidade dos modelos*) e, por fim, analisando-se os fenômenos através da observação de dinâmicas específicas dos eventos abordados, porém, sem se preocupar com as relações matemáticas ou a proporcionalidade entre variáveis (*interpretação descritiva e/ou explicativa dos modelos*).

Por fim, finalizada a revisão bibliográfica o próximo capítulo terá os objetivos de descrever detalhadamente como a pesquisa tem sido delineada e conduzida e também apresentar o objetivo geral e específicos dessa investigação bem como as questões básicas de pesquisa que norteiam as analises desse estudo.

Capítulo IV:

Concepção do Estudo

4.1 – Introdução

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir da estruturação & desenvolvimento de uma investigação realizada em duas etapas, denominadas de: ***Estudo Piloto*** e ***Estudo Principal***. Tais estudos foram constituídos por um total de cinco atividades escolares que utilizaram a modelagem computacional em sala de aula. O *Estudo Piloto*, constituído por três dessas atividades, nas disciplinas de Matemática, Química e História teve como objetivo prioritário testar e adaptar materiais didáticos e metodologias educacionais na abordagem de conteúdos específicos através de processos de ensino-aprendizagem com o software/ambiente de modelagem computacional denominado ModeLab^{2D}, descrito detalhadamente no apêndice A. Por outro lado, o *Estudo Principal*, proposto a partir dos resultados gerados pelo primeiro estudo, teve como principal objetivo promover a investigação da integração desse ferramental computacional no cotidiano escolar especificamente na disciplina de Física, foco dessa pesquisa, em conteúdos de eletricidade e movimento dos corpos.

Tal investigação está inserida diretamente no espaço e no cotidiano escolar e dessa forma, carrega consigo desafios e perspectivas múltiplas para serem exploradas. Porém, antes de descrever e analisar tais desafios e perspectivas será apresentado, na próxima seção, o *Objetivo Geral* e os *Objetivos Específicos* desse estudo.

4.2 – Objetivo Geral & Objetivos Específicos da Pesquisa

4.2.1 – Objetivo Geral

Investigar como modelos e modelagem, utilizados dentro do cenário específico da educação, com foco nos modelos computacionais desenvolvidos a partir do ambiente de modelagem ModeLab^{2D}, podem ter potência para se constituírem como um possível caminho para que os conhecimentos científicos de Física possam ter maior possibilidade de serem desenvolvidos na sala de aula.

4.2.2 – Objetivos Específicos

1. Estudar ambientes de modelagem computacional, em especial, o ambiente denominado ModeLab^{2} disponível em (www.modelab.ufes.br);
2. Fazer revisão de literatura sobre a aplicação dos processos de ensino-aprendizagem de ciências com modelagem computacional, com o foco na Física;
3. Desenvolver Estudo Piloto para a testagem de materiais didáticos e metodologias pedagógicas para a investigação dos processos de ensino-aprendizagem com modelagem computacional, no Ensino Médio;
4. Desenvolver Estudo Principal baseado nos resultados do Estudo Piloto para a investigação da integração dos processos de ensino-aprendizagem de Física com modelagem computacional no Ensino Médio.
5. Estabelecer possibilidades, limitações, vantagens & desvantagens para a integração nos processos de ensino-aprendizagem de Física com modelagem computacional, a partir dos resultados estabelecidos nessa investigação.

Para se cumprir o *Objetivo Geral* e os *Objetivos Específicos* apresentados aqui, será feito na próxima seção, a apresentação das questões básicas de pesquisa que nortearam essa investigação.

4.3 Questões Básicas de Pesquisa

Questão 01 – Como caracterizar o desempenho dos estudantes sobre a definição científica de corrente elétrica em um condutor metálico através das visualizações dos modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*?

Questão 02 – Como caracterizar o desempenho dos educandos sobre as configurações dos campos elétricos no interior de um condutor metálico através de visualizações dos modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*?

Questão 03 – Como caracterizar o desempenho dos alunos no cálculo da corrente elétrica média em um condutor metálico através de simulações e produção de dados numéricos, pelo professor, nos modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*?

Questão 04 – Como caracterizar o desempenho dos estudantes no cálculo da velocidade média de três automóveis através de simulações e produção de dados numéricos, pelos alunos, no modelo computacional utilizado no *Estudo V*?

4.4 – Etapas da Pesquisa

Como pode ser observado na Figura 03, da página 65, o design da investigação é composto do *Estudo Piloto* e do *Estudo Principal*. Nesse capítulo, será feita uma descrição e analise do desenvolvimento metodológico de toda a pesquisa bem como, se apresentarão alguns resultados produzidos nas Atividades I, II e III do *Estudo Piloto*. Contudo, as discussões estabelecidas focarão os dados produzidos nas Atividades IV e V, que são específicos da disciplina de Física. Tais análises serão apresentadas em detalhes nos Capítulos V, VI, VII e VIII. Por fim, cabe ressaltar que a investigação possui uma natureza *Descritiva* e *Exploratória* MOREIRA & CALEFFE (2006).

Excetuando-se a Atividade III, de característica multidisciplinar (Matemática & História) todas as outras atividades envolveram uma única disciplina. Esses processos de ensino-aprendizagem de ciências, com o ambiente de modelagem computacional ModeLab^{2D}, tiveram foco em trabalhos com outros professores. Para o desenvolvimento das atividades participaram além do professor pesquisador (de

Física), os professores de Matemática, Química e História. Toda a produção de dados foi de natureza empírica feita através de atividades escritas, abordadas em detalhes nas próximas seções fornecendo dessa forma, dados de natureza qualitativa e quantitativa.

Tais resultados articulados entre si fornecem subsídios para se discutir o aprimoramento das metodologias didáticas utilizadas bem como as possibilidades, limitações, vantagens e desvantagens para a abordagem de conteúdos específicos de Física. Assim, as descrições e analises desse estudo, representam um avanço para a integração desses processos no cotidiano escolar.

4.5 – A Investigação: Estudo Piloto & Estudo Principal

Nessa seção será feito a descrição da metodologia utilizada para a implantação dos estudos *Piloto* e *Principal*. Para isso, a Tabela 02 da página 66 apresenta a estrutura geral das cinco atividades desenvolvidas para essa investigação. Nela é possível observar que entre os dias 17/10 e 28/11 de 2011 foram desenvolvidas todas as atividades da pesquisa sobre a inserção do ambiente ModeLab^{2D} nos processos de ensino-aprendizagem de ciências com alunos do 1°, 2° e 3° Anos.

Na tabela, é possível observar a partir da primeira e segunda coluna que as disciplinas envolvidas nessas atividades foram: *Matemática*, *Química*, *História & Física* com os conteúdos de *Estatística*, *Velocidade das Reações Químicas*, *Gráficos & Movimento das Cruzadas*, *Eletricidade* e *Movimento dos Corpos* respectivamente.

Na terceira coluna, observam-se os conceitos estudados a partir do desenvolvimento das atividades. E por fim, a quarta, quinta, sexta e sétima colunas, têm-se respectivamente os tipos de atividades de modelagem computacional realizadas, as datas de realização, os professores e as turmas envolvidas.

A implantação de atividades escolares dessa natureza no Ensino Médio foi feita a partir de uma metodologia didática previamente organizada denominada de *Módulos Educacionais*, apresentada e discutida na próxima seção. A estruturação dessa metodologia foi baseada na abordagem de conteúdos específicos de ciências através de simulações & visualizações computacionais.

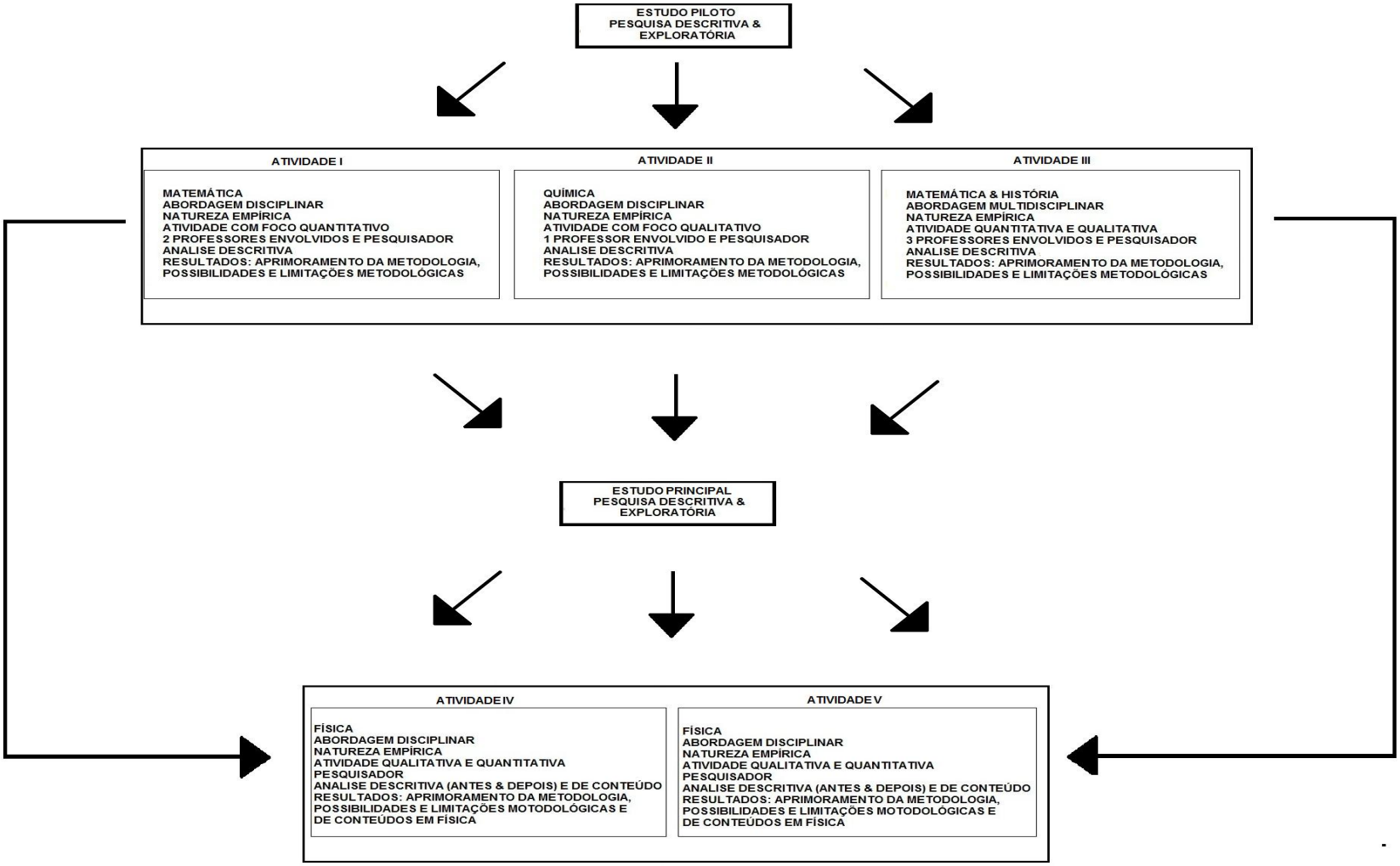


Figura 03: *Configuração dos Estudos Piloto & Principal da Investigação*

Tabela 02: *Estrutura da Investigação Sobre a Inserção dos Processos de Ensino-Aprendizagem de Ciências com Modelagem Computacional no Ensino Médio*

Disciplinas	Conteúdos	Conceitos Trabalhados	Atividade Realizada	Datas da Realização	Professores Envolvidos	Turmas Envolvidas
Matemática	Estatística	Média, Moda, Mediana e Gráficos.	Modelagem Expositiva	Entre os dias 17/10/11 e 19/10/11	Física & Matemática	1° Ano
Química	Velocidade das Reações Químicas	Fatores que Influenciam as Velocidades das Reações Químicas	Modelagem Expositiva	No dia 01/11/11	Física & Química	2° Ano
Matemática & História	Gráficos e Movimento das Cruzadas	Taxa de Variações, Análises Gráficas, Cruzada Popular & Cruzada dos Nobres	Modelagem Expositiva	Entre os dias 04/11/11 e 16/11/11	Física & História	1° Ano
Física	Eletricidade	Corrente Elétrica	Modelagem Expositiva	Entre os dias 17/11/11 e 24/11/11	Física	3° Ano
Física	Movimento dos Corpos	Tempo Médio & Velocidade Média	Modelagem Exploratória	Entre os dias 17/11/11 e 25/11/11	Física	1° Ano

É importante ainda destacar que na Tabela 02, as linhas e colunas em laranja, configuram as atividades do *Estudo Piloto* por outro lado, a cor azul evidencia as atividades que compõem o *Estudo Principal*.

Nas próximas seções serão escrutinados como a metodologia de módulos educacionais foi estruturada a partir dos ferramentais associados ao computador e também, descrever como tal metodologia foi utilizada dentro da sala de aula (Modelagem Expositiva) ou no laboratório de informática (Modelagem Exploratória) para o estudo dos conceitos/conteúdos apresentados na Tabela 02.

4.5.1 – Estruturação da Investigação: Módulos Educacionais Aspectos Teóricos

Os materiais didáticos utilizados nessas atividades constituíram-se de Módulos Educacionais: *Um Módulo Educacional corresponde a um material a ser utilizado no estudo de um determinado fenômeno e está estruturado em três níveis: Objetivo*, *Conteúdo Instrucional* e *Prática & Avaliação.* (Ferracioli, 2004).

1. ***Objetivo*** → visa promover o entendimento e aprofundamento de um determinado fenômeno a partir de um determinado recurso, tais como um software/ambiente de modelagem computacional, um site ou uma mídia.
2. ***Conteúdo Instrucional*** → consiste em uma abordagem teórica e experimental sobre um determinado fenômeno.
3. ***Prática & Avaliação*** → consiste na utilização de um recurso para o desenvolvimento das atividades experimentais através de um roteiro contendo o detalhamento das atividades e perguntas sobre o que foi desenvolvido.

Nessa investigação, os módulos educacionais desenvolvidos para os processos de ensino-aprendizagem de ciências com o aporte computacional, foram estruturados da seguinte forma:

1. Modelo Computacional → Desenvolvido no ModeLab^{2} e descritos nas próximas seções, visaram promover o entendimento e o aprofundamento dos conteúdos e conceitos indicados na Tabela 02 cumprindo assim, o ***Objetivo*** do módulo educacional;
2. Roteiros de Atividades → Visou promover uma abordagem teórica e prática dos conteúdos abordados através do modelo computacional, bem como gerar dados para o desenvolvimento desse estudo, cumprindo assim as etapas de ***Conteúdo Instrucional*** e ***Prática & Avaliação*** do módulo educacional.

Dessa forma, os módulos educacionais são constituídos por modelos computacionais, construídos no ModeLab^{2D}, e possuem as funções de promoverem simulações & visualizações dinâmicas sobre diversos fenômenos, caracterizando dinamicamente as abordagens de conteúdos específicos nas disciplinas em questão e, por fim, dos roteiros de atividades que, independentemente do formato das atividades *Expositivo* ou *Exploratório*, possuem a função primordial de direcionar as atividades durante as abordagens dos conteúdos nos módulos.

Tais roteiros foram estruturados em quatro seções, a saber: *Introdução*, onde são apresentados os temas e os conceitos a serem estudados; *Apresentação do Modelo Computacional*, que descreve de forma resumida o modelo computacional que os estudantes irão visualizar e ou explorar; *Problematização*, onde se contextualiza o tema em estudo com exemplos do cotidiano e, por fim, *Explorando o*

Modelo, seção está, onde o professor (atividade expositiva) ou os alunos (atividade exploratória) utilizam o modelo computacional para o estudo dos conteúdos específicos.

4.5.2 – Estruturação da Investigação: Descrição do Software/Ambiente de Modelagem Computacional ModeLab^{2D}

Apesar do ModeLab^{2D} está descrito em detalhes no apêndice A, essa seção apresentará as principais características desse software/ferramenta computacional. Nesse sentido, tem-se que após a finalização das investigações de Gomes (2003) e Oliveira (2006) sobre o Software/Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker OGBORN (1992), os resultados gerados por tais pesquisas forneceram subsídios para o desenvolvimento de um novo Software/Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo também estruturado a partir da metáfora de "*Objetos & Eventos*".

Dessa forma, iniciou-se em agosto de 2004 o Projeto de Pesquisa: *A Integração da Modelagem Computacional Baseada nas Regras de Autômatos Celulares no Aprendizado Exploratório de Ciências* que desenvolveu o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo denominado ModeLab^{2D}, acrônimo de **Mode**lling **Lab**oratory **2D**.

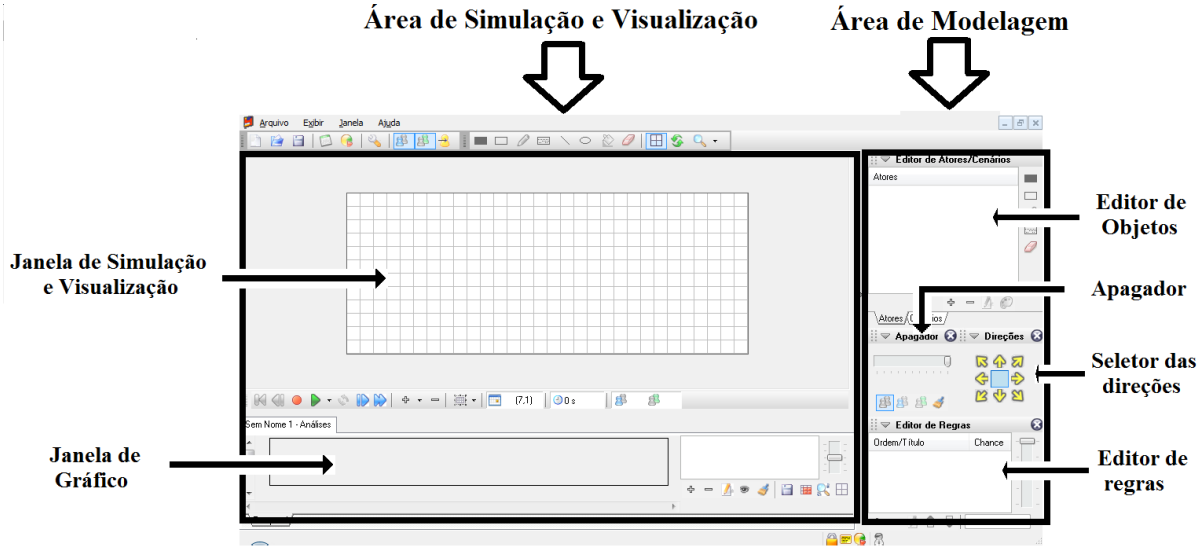


***Figura 04**: Layout do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab^{2D}*

A interface do Ambiente ModeLab^{2D}, mostrada na Figura 04, foi desenvolvida de forma a permitir que se abra, simule e se visualize mais de um modelo

simultaneamente. Sua estrutura é constituída de duas áreas principais: a ***Área de Modelagem*** e a ***Área de Simulação e Visualização***. Tais áreas serão descritas sucintamente nos parágrafos que se seguem.

A ***Área de Modelagem*** é o local onde as estruturas dos modelos são criadas em seus elementos de modelagem através de quatro subáreas:

1. *Editor de Objetos* – É o local onde os objetos que vão compor os modelos são criados;
2. *Apagador* – Permite apagar os objetos criados previamente na grade de simulações;
3. *Seletor de Direções* – Permite a escolha de uma direção preferencial para os objetos criados no editor de objetos;
4. *Editor de Regras* – Esta ferramenta permite a criação e a manipulação das regras que determinarão o comportamento dos objetos na janela de simulação e visualização.

A ***Área de Simulação e Visualização*** é o local onde o modelo é simulado e seu comportamento dinâmico pode ser visualizado/observado em dois locais, a saber:

1. *Janela de Simulação e Visualização* – É onde os objetos são dispostos em uma configuração inicial e, durante a simulação, interagem entre si gerando o comportamento do modelo como um todo;
2. *Janela de Gráficos* – Permite observar como variam as quantidades dos objetos durante a simulação.

Assim, o ModeLab^2 permite que modelos computacionais sejam construídos, simulados e também visualizados. A partir das interações dinâmicas dos objetos desses modelos também é possível observar saídas gráficas que acompanham a evolução temporal das quantidades envolvidas.

4.5.3 – A Estruturação da Pesquisa: Os Módulos Educacionais Utilizados nos Estudos Piloto & Principal

Nessa seção, serão feitas as descrições dos módulos educacionais utilizados nos estudos *Piloto* & *Principal*, ou seja, modelos computacionais e roteiros de

atividades. Como já foi destacada anteriormente, a investigação foi composta por cinco módulos educacionais.

É importante relembrar aqui, que os Estudos I, II & III – *Estudo Piloto* – objetivaram prioritariamente testar materiais e metodologias didáticas (módulos educacionais) para que o desenvolvimento dos Estudos IV & V, de conteúdos específicos de Física – *Estudo Principal* – fossem melhores planejados e desenvolvidos. Assim, os módulos I, II & III serão descritos de forma simplificada enquanto que, os módulos IV & V serão descritos detalhadamente.

Os resultados descritivos e exploratórios referentes aos conteúdos de Física abordados nas duas últimas atividades com os módulos educacionais serão apresentados, descritos e analisados detalhadamente nos capítulos V, VI, VII & VIII.

Para o melhor entendimento de como os modelos computacionais foram utilizados a partir dos roteiros de atividades, vide Apêndices B, C, D & E os seus usos foram didaticamente divididos em três momentos, são eles: *Momento1*, leitura e explicação, feita pelo professor e sem o uso do microcomputador, das três primeiras seções dos roteiros – Introdução, Apresentação do Modelo Computacional e Problematização; *Momento 2*, simulações & visualizações dos modelos computacionais realizadas pelo professor e/ou estudantes e por fim, *Momento 3* onde os alunos finalizavam as atividades dos roteiros a partir da manipulação matemática dos dados produzidos pelas simulações ou da descrição & interpretação das dinâmicas visualizadas através dos modelos.

Por fim, excetuando-se a Atividade V, realizada no formato *Exploratório* e no laboratório de informática, todas as outras atividades foram desenvolvidas na perspectiva *Expositiva*, ou seja, dentro da sala de aula com os estudantes observando as projeções dinâmicas no quadro branco feitas com data-show e notebook dos modelos computacionais que simulavam os fenômenos abordados.

4.5.3.1 – O Estudo Piloto: Cruzadas & Estatística; Velocidade das Reações Químicas e Movimento das Cruzadas & Gráficos

No desenvolvimento da Atividade I, foi realizada a abordagem de três (3) conceitos fundamentais de ***Estatística***. Tal abordagem, foi feita a partir da análise de simulações e visualizações computacionais que, representavam de forma simplificada e icônica, batalhas medievais entre cristãos e mulçumanos. Nesse

sentido, o computador foi utilizado, a partir da metodologia dos módulos educacionais, para se estudar como os cálculos de ***Média***, ***Moda*** e ***Mediana*** de sobrevivência dessas batalhas poderiam ser efetuados. Por fim, os educandos usariam esses dados para analisar e predizer o que acontece em uma batalha onde as condições dos exércitos são as mesmas.

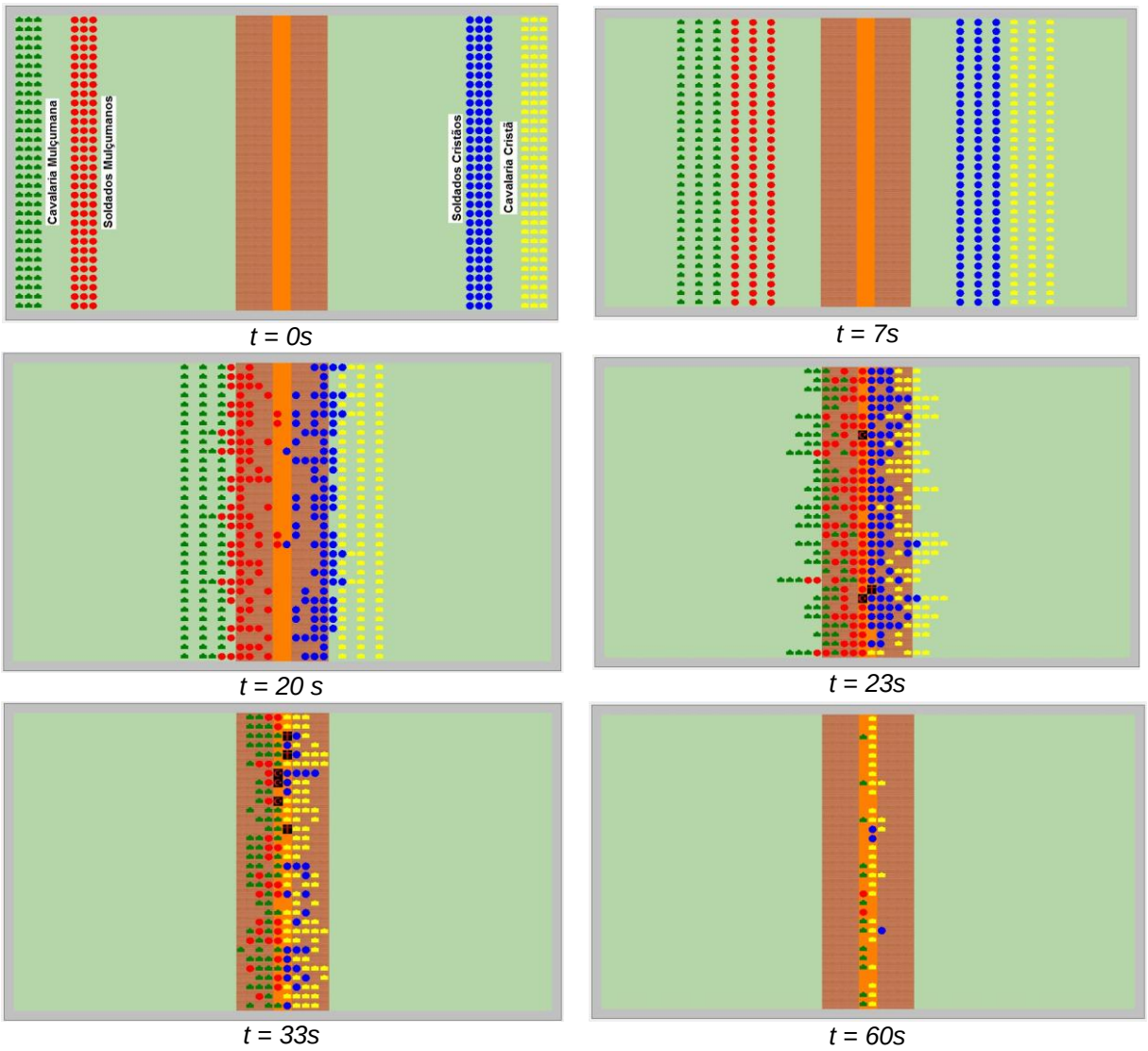


Figura 05: *Representação Parcial da Evolução Temporal das Simulações Computacionais do Modelo (Batalhas Medievais) Utilizado no Módulo Educacional sobre Estatística*

Na Figura 05 é possível observar sequencialmente seis momentos da simulação computacional da batalha entre cristãos e mulçumanos, ou seja, t = 0, 7, 20, 23, 33 e 60 s. Os ícones verdes, vermelhos, azuis e amarelos representam respectivamente a cavalaria mulçumana, os soldados mulçumanos, os soldados cristãos e a cavalaria cristã. À medida que o tempo passa mulçumanos e cristãos se enfrentam no campo de batalha (parte em marrom e laranja) nas figuras sendo que,

tal enfrentamento ocasiona gradativamente a diminuição dos exércitos até que um deles desapareça totalmente.

Na Atividade II, foi realizada a abordagem dos cinco (5) fatores que influenciam a velocidade com que as reações químicas ocorrem, são eles: ***Concentração***, ***Pressão***, ***Temperatura***, ***Catalisadores*** e ***Superfície de Contato***. Tal abordagem foi feita a partir das simulações e visualizações de dez (10) modelos computacionais referentes a reações químicas específicas.

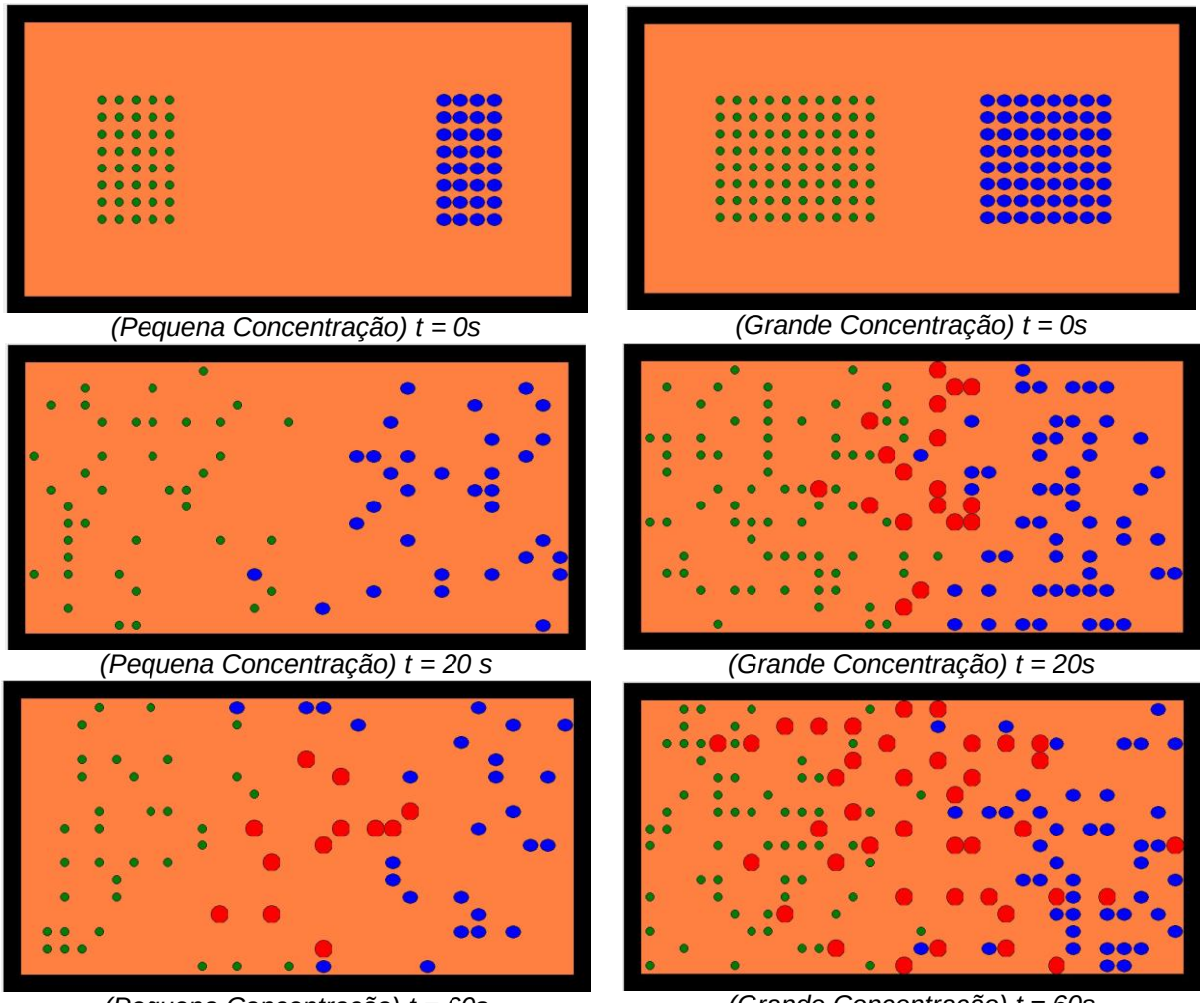
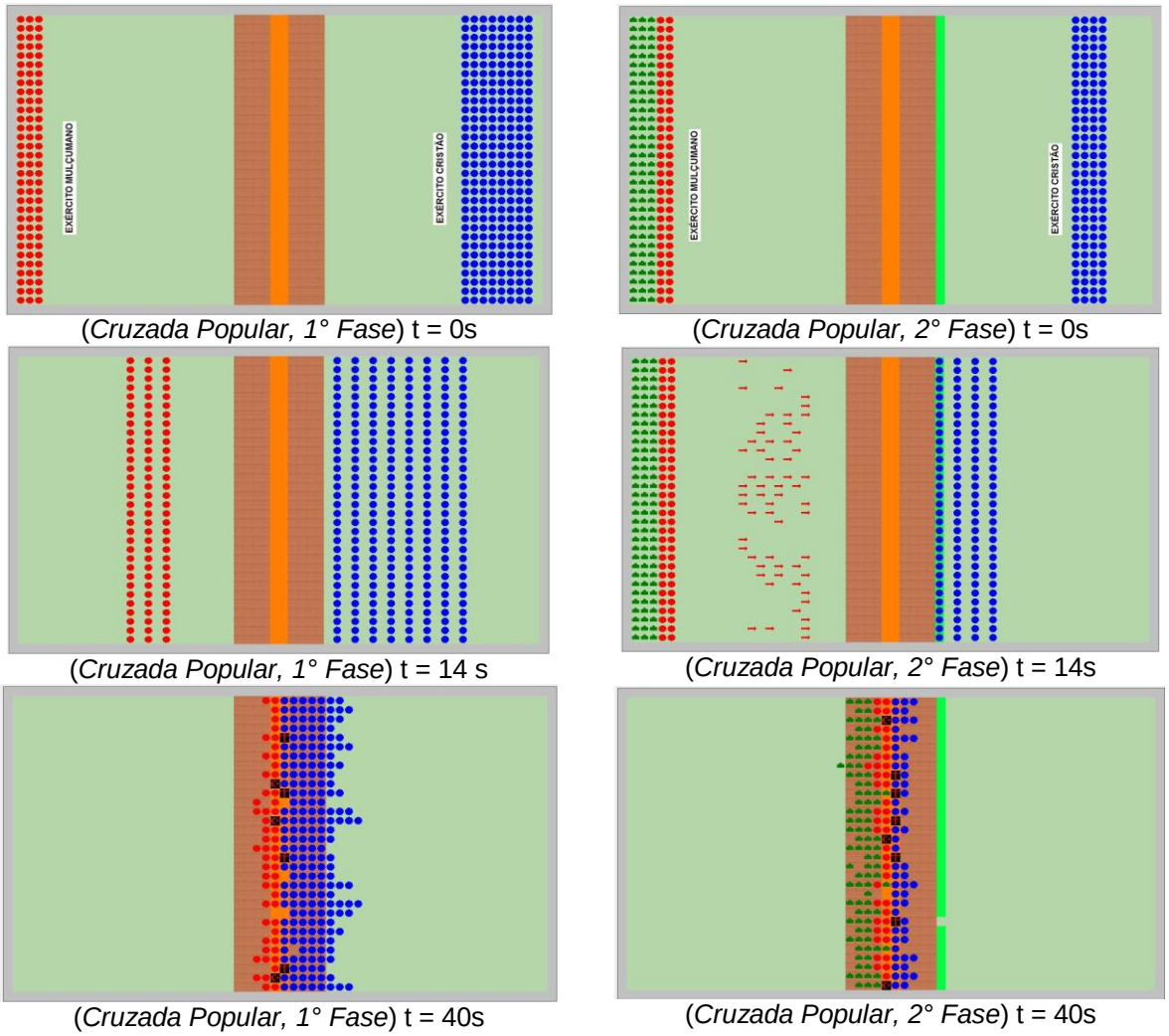

(Pequena Concentração) t = 0s
(Grande Concentração) t = 0s
(Pequena Concentração) t = 20 s
(Grande Concentração) t = 20s
(Pequena Concentração) t = 60s
(Grande Concentração) t = 60s

Figura 06: *Representação Parcial da Evolução Temporal das Simulações Computacionais do Modelo Utilizado no Módulo Educacional sobre Velocidade das Reações Químicas*

Na Figura 06 acima estão representados seis momentos distintos de uma reação química entre H_2 (bolinhas verdes) + Cl_2 (bolinhas azuis) → 2HCl (bolinhas vermelhas). Sendo que, na esquerda de cima para baixo estão representados três momentos da reação, ocorrendo quando a concentração dos reagentes é considerada pequena. Por outro lado, à direita, também de cima para baixo representam-se três momentos dessa mesma reação ocorrendo quando a

concentração dos reagentes é maior. A evolução temporal mostrada na figura é feita, nos dois casos, com os tempos t = 0, 20 e 60 s. Como pode se evidenciar a quantidade de produto formada (2HCl – bolinhas vermelhas) é maior no lado direito, quando comparado a lado esquerdo, pois, a concentração de reagentes (H_2 & Cl_2) a direita é maior quando comparado a lado esquerdo.

Tais modelos são simplificações icônicas projetadas do computador para o quadro branco por data-show. Assim, o aporte computacional foi utilizado para se investigar como cada um dos fatores influencia o aumento ou a diminuição da velocidade com que essas reações acontecem. De forma geral, o objetivo da atividade era de usar simulações e visualizações dinâmicas para analisar e predizer o que ocorre nas reações químicas quando se alteram as condições em que elas acontecem.



(*Cruzada Popular, 1° Fase*) t = 0s (*Cruzada Popular, 2° Fase*) t = 0s

(*Cruzada Popular, 1° Fase*) t = 14 s (*Cruzada Popular, 2° Fase*) t = 14s

(*Cruzada Popular, 1° Fase*) t = 40s (*Cruzada Popular, 2° Fase*) t = 40s

Figura 07: *Representação Parcial da Evolução Temporal das Simulações Computacionais dos Modelos (Batalhas Medievais) Utilizado no Módulo Educacional sobre Funções e História Medieval*

Na Figura 07, da página anterior, está representada iconicamente a cruzada popular sendo que, do lado esquerdo representa-se em três momentos t = 0, 14 e 40 s quadros da 1° Fase dessa batalha – Tal fase é caracterizada pela surpreendente vitória dos cristãos. Por outro lado, à direita representam-se também três quadros da 2° fase dessa batalha (t = 0, 14 e 40 s) tal fase é caracterizada agora pela vitória dos mulçumanos.

Na Atividade III, foram desenvolvidas abordagens de ***Comportamento Gráfico*** & ***Cálculo de Taxas de Mortalidade e Sobrevivência de Cristãos e Mulçumanos*** a partir da analise de duas (2) batalhas medievais. Nesse sentido, o aporte computacional foi utilizado para o desenvolvimento de esboços de gráficos a partir de simulações e visualizações das batalhas ou para predizer, a partir de gráficos, como as batalhas evoluiriam com o tempo. O foco principal de tal atividade foi de explicar graficamente as batalhas ou usar os gráficos para predizer o que ocorreu nelas. Por fim, foram analisados aspectos históricos relacionados às cruzadas.

As Figuras 05, 06 e 07 representam, de forma parcial, os modelos utilizados para as abordagens de conteúdos de Matemática, Química e História nas Atividades I, II e III respectivamente. Após o término dessa primeira etapa, ou seja, do *Estudo Piloto*, foram estabelecidas algumas diretrizes para a elaboração dos roteiros, dos modelos computacionais e suas implantações em sala de aula e/ou laboratório de informática nos estudos de conteúdos específicos de Física. As principais diretrizes estabelecidas são descritas abaixo:

1) Promover um maior tempo para as simulações e visualizações computacionais durante o desenvolvimento das questões, trabalhou-se em média com o tempo de 25 a 30 minutos nessas três primeiras atividades;

2) Em atividades de cunho *Expositivo*, promover uma maior alternância entre simulações & visualizações e o desenvolvimento das questões. Em atividades dessa natureza, notou-se um melhor desempenho dos estudantes para a feitura das atividades propostas;

3) Em geral, observou-se que o número de páginas e questões dos roteiros de atividades estava demasiado grande assim, nos módulos de Física, procurou-se reduzir o tamanho dos roteiros. Nesse sentido, é importante destacar que em

nenhuma dessas três (3) primeiras atividades os roteiros foram desenvolvidos no tempo inicialmente previsto;

4) Por fim, decidiu-se que os próximos roteiros teriam abordagens bem específicas e não seriam elaborados com o objetivo de promover o estudo de vários conceitos em uma mesma atividade.

É importante destacar que essas diretrizes não são herméticas e muito menos tem o caráter de estabelecer regras ou um formato rígido para abordagens de conteúdos com essa metodologia. Pelo contrário, tais diretrizes tem um sentido muito particular e foram estabelecidas para que as atividades pudessem ser desenvolvidas completamente em uma única aula, pois, o número de aulas de Física na atual grade curricular é de apenas duas por semana.

É importante ressaltar ainda, que o desenvolvimento dessas três atividades, mesmo que em outras disciplinas, deu subsídio para que à implantação dos módulos educacionais de Física tivessem a perspectiva de um melhor desenvolvimento durante as aulas.

4.5.3.2 – O Estudo Principal: Visualizando e Calculando a Corrente Elétrica a Partir de Um Experimento Virtual no Computador & Explorando o Conceito de Velocidade Média para o Estudo de Algumas Situações Cotidianas

Na Atividade IV foram realizadas simulações e visualizações computacionais para o estudo da definição científica de ***Corrente Elétrica*** em um condutor metálico (*interpretação descritiva e/ou explicativa dos modelos*). As analises foram feitas a partir de um experimento virtual na tela do computador projetada no quadro branco por data-show.

Assim, o aporte computacional foi utilizado para descrever e entender o que é uma corrente elétrica bem como, calcular o seu valor (*interpretação matemática dos modelos através de equação, variáveis e números*) para uma determinada situação específica. O objetivo dessa atividade foi usar simulações e visualizações computacionais para representar de forma dinâmica uma corrente elétrica tanto para descrever/explicar a definição científica como para analisar e calcular o seu valor em uma determinada situação.

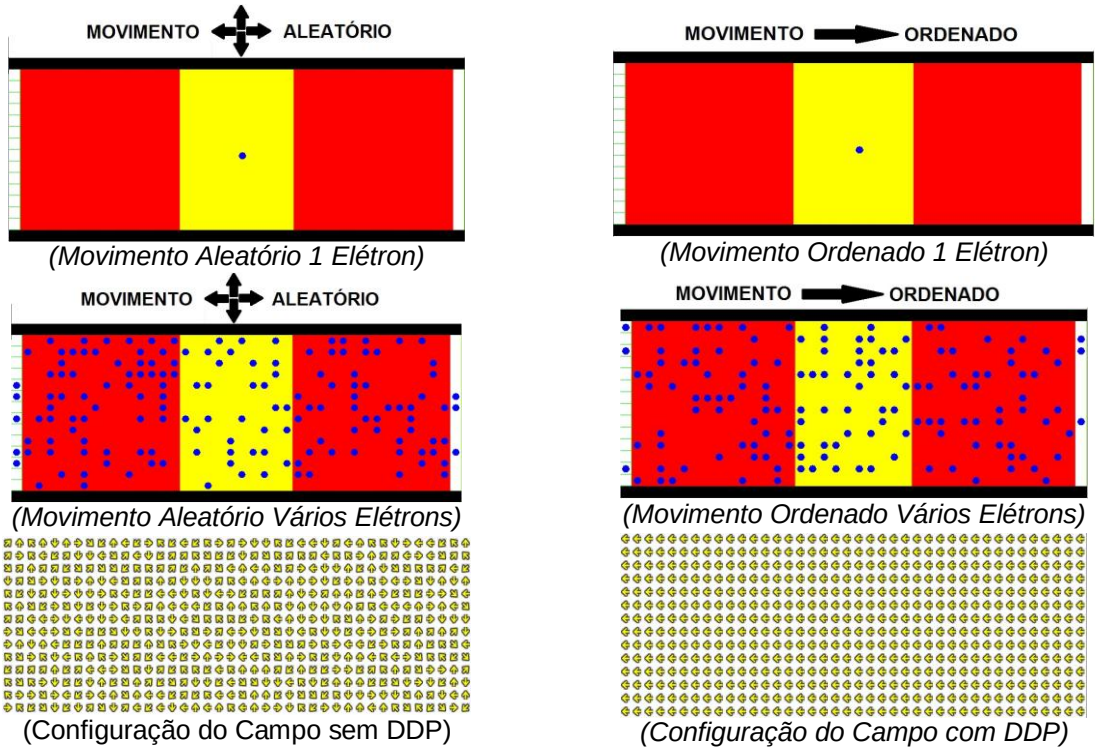


***Figura 08**: Visualização Parcial dos Modelos Sobre Corrente Elétrica*

Na Atividade V, foi realizada uma abordagem sobre o ***movimento retilíneo dos corpos***. O aporte computacional foi estruturado para se estudar, prioritariamente, o viés matemático (*interpretação matemática do modelo através de equação, variáveis e números*) da ***velocidade média*** de três automóveis: uma moto, um carro e um trem.

O objetivo dessa atividade era que os educandos desenvolvessem cálculos sobre velocidade média e a partir disso analisassem duas questões de cunho prático do nosso dia-a-dia dentro do roteiro de atividades. Os modelos computacionais desses dois módulos educacionais podem ser parcialmente visualizados nas Figuras 08 & 09.

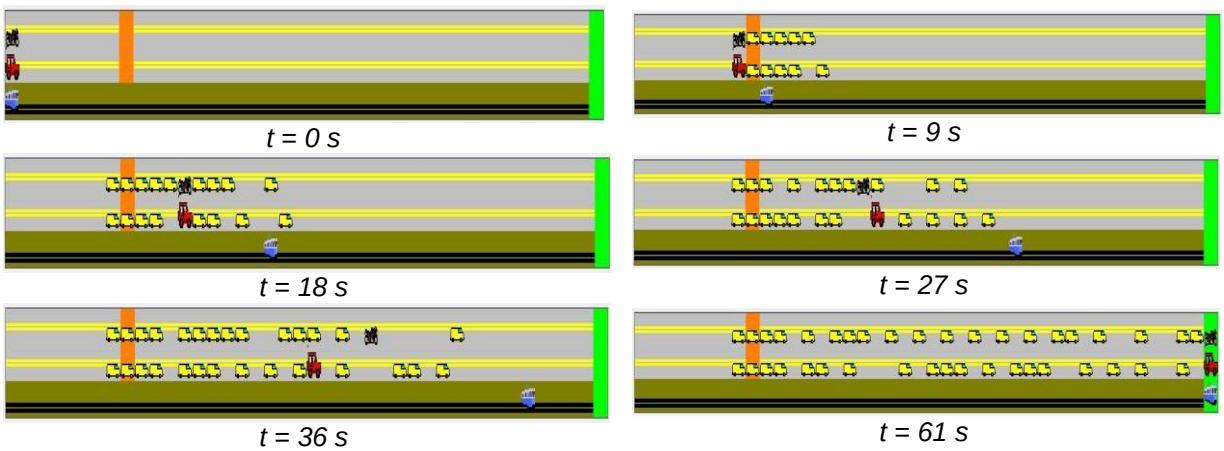


***Figura 09**: Visualização Parcial do Modelo Sobre Velocidade Média*

4.5.4 – Descrição Detalhada das Atividades IV & V

Os critérios para a escolha dos temas, *Corrente Elétrica* & *Movimento dos Corpos*, desenvolvidos pelos alunos a partir das abordagens de atividades com simulações e visualizações computacionais foram dois, são eles: em primeiro lugar, os temas deveriam ser fenômenos que tivessem interesses *Científicos & Didáticos* em relação a conteúdos específicos curriculares, usualmente estudados no Ensino Médio em Física e, em segundo lugar, as modelagens dos temas deveriam ser possíveis de serem realizadas, pelo professor, no ModeLab^{2D}.

É importante destacar ainda que, em geral, tais temas são abordados em sala de aula pautados, na maioria das vezes, apenas no desenvolvimento de equações matemáticas pelos professores e dessa forma, os formatos de atividades propostas se caracterizam como uma forma alternativa de abordagem dos temas em questão. Tal iniciativa proporciona aos estudantes não apenas o estudo quantitativo de tais temáticas, mas também, permite a eles o acesso a visualizações dinâmicas – simplificadas e icônicas – de tais fenômenos, o que pode propiciar uma forma alternativa de abordar tais conteúdos curriculares.

A partir da definição dos temas de interesse para a realização das Atividades *IV & V*, a amostra ficou automaticamente definida, pois, esses assuntos pertencem ao currículo de Física trabalhado tradicionalmente com turmas do 3° ano(s) & 1° ano(s) do Ensino Médio respectivamente. Na escola onde essa atividade foi realizada, existiam dez (10) turmas de Ensino Médio sendo que desse total, três (3) eram de 3° Anos e quatro (4) eram de 1° Anos dessa forma, essas investigações foram feitas com essas turmas.

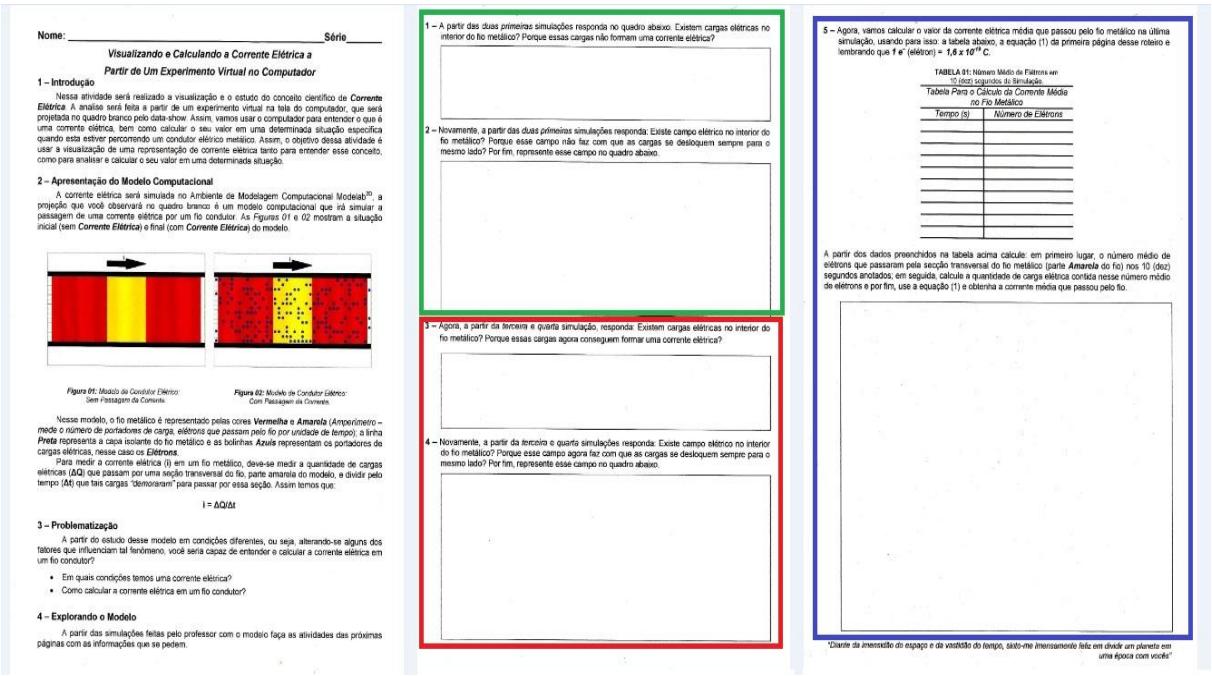
Diferentemente das Atividades I, II e III, essas atividades foram divididas em duas fases, a saber: desenvolvimento, pelos estudantes individualmente (*Atividade IV*) ou em duplas (*Atividade V*) do roteiro de atividades através de simulações e visualizações computacionais e, posteriormente realização de *Avaliações Trimestrais* de forma individual.

Tal divisão ocorreu pelo fato de que, nas duas últimas atividades, o objetivo foi acompanhar os desempenhos dos estudantes tanto nas atividades com modelagem computacional, quanto nas avaliações trimestrais objetivo este,

que não fazia parte das Atividades I, II & III, pois, elas priorizavam apenas o desempenho dos alunos com a modelagem computacional. As estruturações dessas *Atividades IV & V* em duas fases podem ser visualizadas nas Tabelas 03 & 04 respectivamente, toda sua realização foram feitas durante horários regulares de aula da escola.

Na Atividade *IV*, o roteiro de atividades foi estruturado junto com o modelo computacional na perspectiva *Expositiva* com as atividades sendo realizadas nas salas de aulas, pelas turmas de 3°S Anos, individualmente de forma que os alunos utilizassem o roteiro de atividades a partir das simulações e visualizações dos modelos computacionais.

O tempo total gasto para a realização da atividade foi de 55 minutos sendo que em média foram gastos: 10 minutos no *Momentos1* (leitura e explicação das três primeiras seções do roteiro pelo professor) e 35 minutos no *Momento2* (simulações, visualizações, descrições, interpretações, produção de dados e manipulação matemática dos dados produzidos pelos alunos) e 10 minutos *Momento 3* (interpretação dos resultados e considerações finais).



Nome: _____ Série_____

Visualizando e Calculando a Corrente Elétrica a Partir de Um Experimento Virtual no Computador

1 – Introdução

Nessa atividade será realizado a visualização e o estudo do conceito científico de ***Corrente Elétrica***. A analise será feita a partir de um experimento virtual na tela do computador, que será projetada no quadro branco pelo data-show. Assim, vamos usar o computador para entender o que é uma corrente elétrica, bem como calcular o seu valor em uma determinada situação específica quando esta estiver percorrendo um condutor elétrico metálico. Assim, o objetivo dessa atividade é usar a visualização de uma representação de corrente elétrica tanto para entender esse conceito, como para analisar e calcular o seu valor em uma determinada situação.

2 – Apresentação do Modelo Computacional

A corrente elétrica será simulada no Ambiente de Modelagem Computacional Modelab[20], a projeção que você observará no quadro branco é um modelo computacional que irá simular a passagem de uma corrente elétrica por um fio condutor. As Figuras 01 e 02 mostram a situação inicial (sem ***Corrente Elétrica***) e final (com ***Corrente Elétrica***) do modelo.

Figura 01: Modelo do Condutor Elétrico Sem Passagem da Corrente. *Figura 02: Modelo do Condutor Elétrico Com Passagem da Corrente.*

Nesse modelo, o fio metálico é representado pelas cores ***Vermelha*** e ***Amarela*** (*Amperímetro – medir o número de portadores de carga, elétrons que passam pelo fio por unidade de tempo*); a linha ***Preta*** representa a capa isolante do fio metálico e as bolinhas ***Azuis*** representam os portadores de cargas elétricas, nesse caso os ***Elétrons***.

Para medir a corrente elétrica (i) em um fio metálico, deve-se medir a quantidade de cargas elétricas (ΔQ) que passam por uma seção transversal do fio, parte amarela do modelo, e dividir pelo tempo (Δt) que tais cargas "demoraram" para passar por essa seção. Assim temos que:

$$i = \Delta Q/\Delta t$$

3 – Problematização

A partir do estudo desse modelo em condições diferentes, ou seja, alterando-se alguns dos fatores que influenciam tal fenômeno, você seria capaz de entender e calcular a corrente elétrica em um fio condutor?

- Em quais condições temos uma corrente elétrica?
- Como calcular a corrente elétrica em um fio condutor?

4 – Explorando o Modelo

A partir das simulações feitas pelo professor com o modelo faça as atividades das próximas páginas com as informações que se pedem.

1 – A partir das *duas primeiras* simulações responda no quadro abaixo: Existem cargas elétricas no interior do fio metálico? Porque essas cargas não formam uma corrente elétrica?

2 – Novamente, a partir das *duas primeiras* simulações responda: Existe campo elétrico no interior do fio metálico? Porque esse campo não faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado? Por fim, represente esse campo no quadro abaixo.

3 – Agora, a partir da terceira e quarta simulação, responda: Existem cargas elétricas no interior do fio metálico? Porque essas cargas agora conseguem formar uma corrente elétrica?

4 – Novamente, a partir da terceira e quarta simulações responda: Existe campo elétrico no interior do fio metálico? Porque esse campo agora faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado? Por fim, represente esse campo no quadro abaixo.

5 – Agora, vamos calcular o valor da corrente elétrica média que passou pelo fio metálico na última simulação, usando para isso: a tabela abaixo, a equação (1) da primeira página desse roteiro e lembrando que **1 e⁻** (elétron) = ***1,6 x 10⁻¹⁹ C.***

TABELA 01: Número Médio de Elétrons em 10 (dez) segundos da Simulação.

Tabela Para o Cálculo da Corrente Média no Fio Metálico

Tempo (s)	*Número de Elétrons*

A partir dos dados preenchidos na tabela acima calcule: em primeiro lugar, o número médio de elétrons que passaram pela secção transversal do fio metálico (parte ***Amarela*** do fio) nos 10 (dez) segundos anotados; em seguida, calcule a quantidade de carga elétrica contida nesse número médio de elétrons e por fim, use a equação (1) e obtenha a corrente média que passou pelo fio.

"Diante da imensidão do espaço e da vastidão do tempo, sinto-me imensamente feliz em dividir um planeta em uma época com vocês"

Figura 10: *Roteiro de Atividades Desenvolvido Pelos Alunos no Módulo Educacional Sobre Corrente Elétrica*

Na primeira parte da produção de dados, os estudantes desenvolveram o roteiro de atividades visualizando as simulações dos modelos computacionais para desenvolverem as questões 1, 2, 3 e 4 que versavam sobre a descrição e explicação

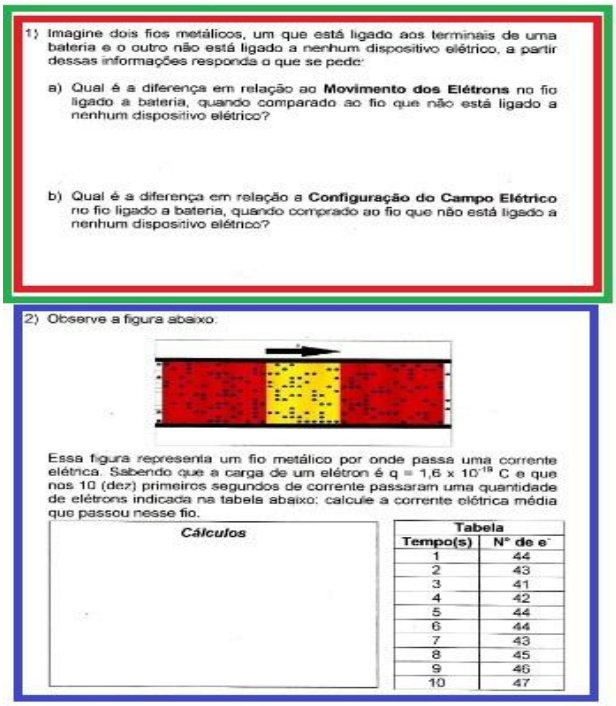
do movimento dos elétrons e das configurações de campos elétricos, no condutor metálico sem e com diferença de potencial respectivamente.

Em seguida, a partir das simulações, preenchiam uma tabela com o número médio de elétrons que passaram no condutor durante 10 segundos e, por fim, calcularam a corrente elétrica média. As etapas relacionadas à observação, descrição, explicação, coleta e manipulação matemática dos dados no roteiro em questão podem ser visualizadas respectivamente, nos retângulos *Verde*, *Vermelho* e *Azul* da Figura 10.

Tabela 03: *Organização da Atividade de Modelagem Expositiva: Corrente Elétrica*

Turmas	1° Fase do Estudo		2° Fase do Estudo		Intervalo de Tempo Transcorrido
	Alunos	Aplicação da (AMCE)	Alunos	Aplicação da (AT)	
3A	19	18/11/2011	19	22/11/2011	4 dias
3B	27	17/11/2011	27	24/11/2011	7 dias
3C	29	17/11/2011	29	24/11/2011	7 dias

A segunda parte da produção de dados dessa atividade foi realizada durante a avaliação trimestral do cronograma de atividades escolares, Figura 11.


1) Imagine dois fios metálicos, um que está ligado aos terminais de uma bateria e o outro não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, a partir dessas informações responda o que se pede:

a) Qual é a diferença em relação ao **Movimento dos Elétrons** no fio ligado a bateria, quando comparado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?

b) Qual é a diferença em relação a **Configuração do Campo Elétrico** no fio ligado a bateria, quando comprado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?

2) Observe a figura abaixo:

Essa figura representa um fio metálico por onde passa uma corrente elétrica. Sabendo que a carga de um elétron é $q = 1,6 \times 10^{-19}$ C e que nos 10 (dez) primeiros segundos de corrente passaram uma quantidade de elétrons indicada na tabela abaixo: calcule a corrente elétrica média que passou nesse fio.

Cálculos

Tabela	
Tempo(s)	N° de e⁻
1	44
2	43
3	41
4	42
5	44
6	44
7	43
8	45
9	46
10	47

Figura 11: *Parte da Avaliação Trimestral (AT) Aplicada em Média 6 Dias após o Desenvolvido para o Módulo Educacional sobre Corrente Elétrica*

Essa avaliação era no formato tradicional e duas questões abordavam assuntos específicos estudados na atividade com modelagem computacional. Na primeira questão, era perguntado aos estudantes qual era a diferença, em relação ao *movimento dos elétrons* e as *configurações de campos elétricos*, em um condutor

metálico (fio) quando este estivesse ligado a um dispositivo elétrico em comparação a quando não estivesse ligado a nenhum dispositivo elétrico, retângulo verde e vermelho da Figura 11.

Na segunda questão, foi fornecida uma tabela já preenchida com o número médio de elétrons que percorreram um condutor metálico durante dez (10) segundos; retângulo *Azul* da Figura 11, idêntica à tabela do roteiro de atividades. Assim como na atividade com aporte computacional foi solicitado aos alunos os cálculos da corrente média.

Assim, a avaliação trimestral, que pode ser parcialmente visualizada na Figura 11, foi proposta em um formato tradicional o seu desenvolvimento pelos alunos foi realizado de forma individual e de acordo com o cronograma de avaliações trimestrais da escola, em média, essa avaliação foi aplicada 6 dias após a realização do módulo educacional. É importante ressaltar novamente que duas questões reproduziam em parte, os conteúdos trabalhados anteriormente na sala de aula através da atividade de modelagem computacional expositiva Tal situação pode ser visualizada observando-se em conjunto os retângulos em *Verde*, *Vermelho* e *Azul* das Figuras 10 e 11[1].

Na Atividade *V*, o roteiro de atividades foi estruturado junto com o modelo computacional na perspectiva *Exploratória* com as atividades sendo realizadas no laboratório de informática da escola pelas turmas de 1°(s) Anos organizadas em duplas de forma que cada dupla utilizou o mesmo microcomputador e o mesmo roteiro de atividades.

O tempo total gasto para a realização dessa atividade foi de 55 minutos sendo que em média foram gastos: 15 minutos no *Momentos1* (leitura e explicação das três primeiras seções do roteiro pelo professor), 30 minutos no *Momento2* (simulações, visualizações, produção de dados e manipulação matemática dos dados produzidos através dos modelos computacionais pelos alunos) e 10 minutos *Momento 3* (interpretação dos resultados).

[1] O objetivo das Figura 10, 11, 12 e 13 é mostrar de forma ilustrativa a estrutura do *Roteiro de Atividades* e parte das Avaliações Trimestrais não se pretende com essas figuras, que os roteiros e as avaliações possam ser lidos ou observados em detalhes. Para isso, recomenda-se ao leitor a analise dos Anexos B, C, D & E.

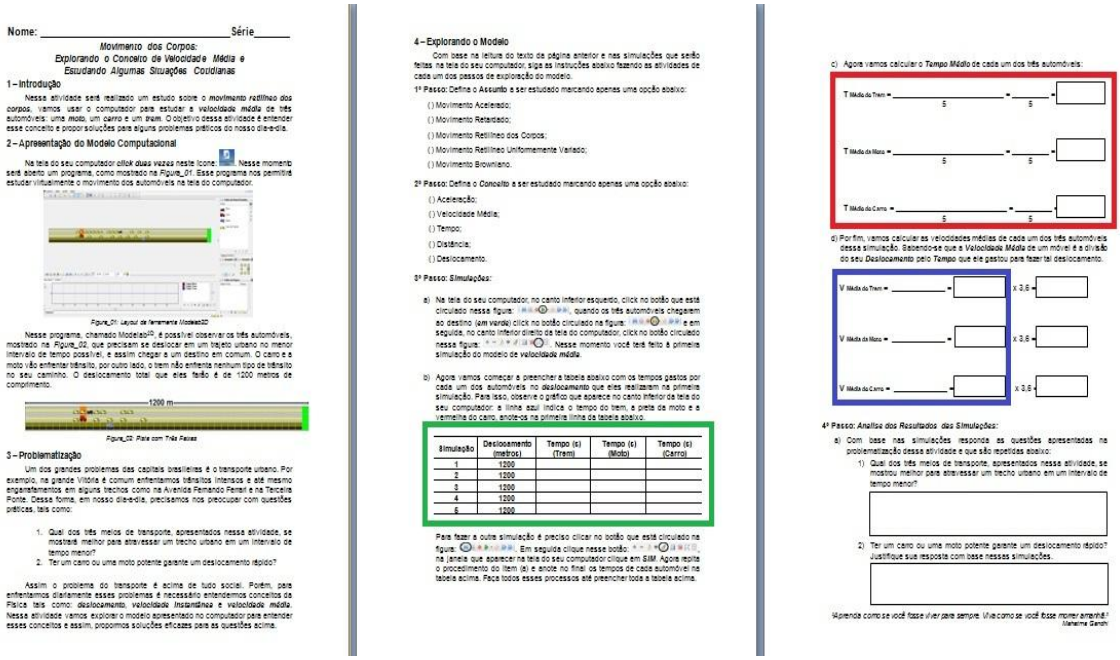


Figura 12: *Roteiro de Atividades Desenvolvido para o Módulo Educacional Sobre Velocidade Média*

Na primeira parte da produção de dados, os estudantes desenvolveram o roteiro de atividades simulando & visualizando o modelo computacional para o preenchimento de uma tabela com os dados numéricos, tempos, produzidos nas simulações. Em seguida, calcularam a média dos tempos dos automóveis e as suas respectivas velocidades médias, por fim, responderam duas perguntas de interpretação sobre os resultados encontrados. As etapas relacionadas à coleta e manipulação matemática dos dados no roteiro em questão podem ser visualizadas respectivamente, nos retângulos *Verde*, *Vermelho* e *Azul* da Figura 12.

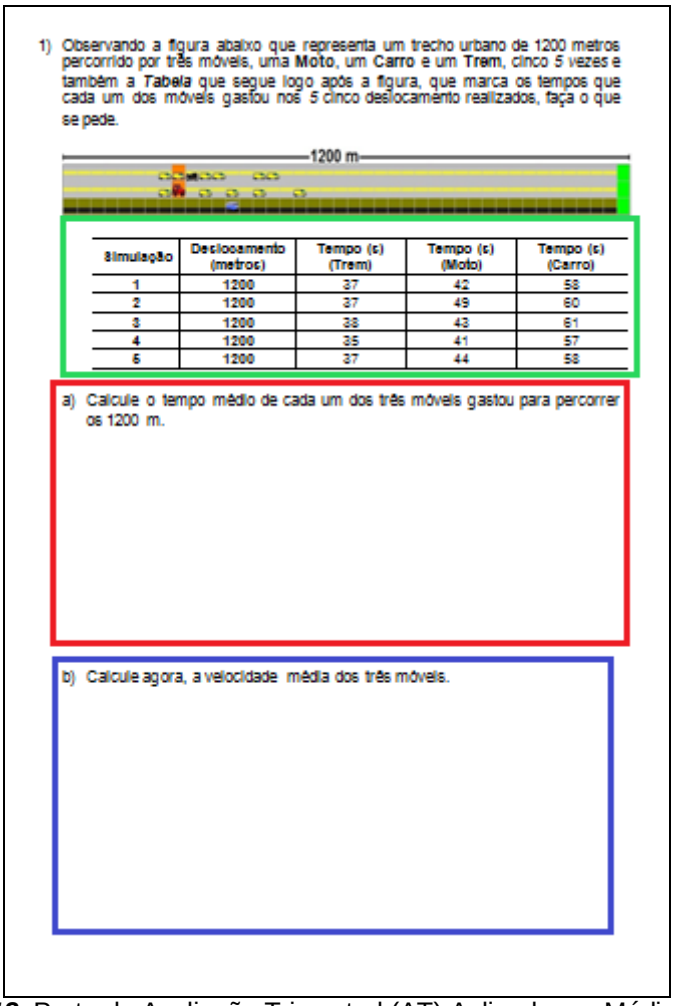
Tabela 04: *Organização da Quinto Estudo: Velocidade Média*

Turmas	1° Fase do Estudo		2° Fase do Estudo		Intervalo de Tempo Transcorrido
	Duplas	Aplicação da (AMCE)	Alunos	Aplicação da (AT)	
1ª	14	21/11/2011	28	25/11/2011	4 dias
1B	16	18/11/2011	32	22/11/2011	4 dias
1C	13	17/11/2011	26	23/11/2011	6 dias
1D	14	21/11/2011	28	25/11/2011	4 dias

A segunda parte da produção de dados foi realizada durante a avaliação trimestral do cronograma de atividades escolares. Essa avaliação era no formato tradicional e, em uma das questões, foi fornecida uma tabela já preenchida com os tempos dos móveis, retângulo *Verde* na Figura 13, idêntica à tabela do roteiro de atividades. É possível observar que assim como na atividade com aporte computacional foi solicitado também aos alunos os cálculos das médias dos tempos

assim como os cálculos das velocidades médias de cada móvel, retângulo *Vermelho* e *Azul* respectivamente de tal figura.

A avaliação trimestral, que pode ser parcialmente visualizada na Figura 13, foi desenvolvida em um formato tradicional de avaliação o seu desenvolvimento foi realizado de forma individual pelos estudantes, de acordo com o cronograma de avaliações trimestrais da escola, em média, essa avaliação foi aplicada 4,5 dias após a realização do módulo educacional. Nessa avaliação, uma das questões reproduzia, em parte, os conteúdos trabalhados anteriormente no laboratório de informática, essa situação pode ser visualizada observando-se em conjunto os retângulos em *Verde*, *Vermelho* e *Azul* das Figuras 12 e 13.


1) Observando a figura abaixo que representa um trecho urbano de 1200 metros percorrido por três móveis, uma **Moto**, um **Carro** e um **Trem**, cinco *5* vezes e também a **Tabela** que segue logo após a figura, que marca os tempos que cada um dos móveis gastou nos *5* cinco deslocamento realizados, faça o que se pede.

1200 m

Simulação	Deslocamento (metros)	Tempo (s) (Trem)	Tempo (s) (Moto)	Tempo (s) (Carro)
1	1200	37	42	58
2	1200	37	49	60
3	1200	38	43	61
4	1200	35	41	57
5	1200	37	44	58

a) Calcule o tempo médio de cada um dos três móveis gastou para percorrer os 1200 m.

b) Calcule agora, a velocidade média dos três móveis.

Figura 13: Parte da Avaliação Trimestral (AT) Aplicada em Média 4,5 Dias após o *Desenvolvido para o Módulo Educacional sobre Movimento dos Corpos*

A partir das descrições dos modelos computacionais e roteiros de atividades dos Estudos IV & V, serão feitas algumas considerações finais sobre a estruturação desse *Estudo Principal*.

Em primeiro lugar, levando-se em consideração o que foi discutido no Capítulo II sobre modelos na Física, pode-se observar que o modelo de corrente elétrica proposto é de representatividade microscópica uma vez que, corresponde às reproduções de entidades subatômicas que não podem ser observadas diretamente a olho nu. Por outro lado, o modelo sobre velocidade média é de representatividade macroscópico, pois, corresponde a uma montagem (nesse caso computacional) separada e isolada te um todo possuindo a característica de ser observável, no mundo real, a olho nu.

Um segundo aspecto a ser considerado refere-se às abordagens dos conteúdos estudados a partir desses dois modelos. Nesse sentido, são nos roteiros de atividades que os modelos micros e macros podem ser estudados simbolicamente. Essa simbologia pode ser estruturada através de números, variáveis, equações, análises de proporcionalidade, descrições e explicações escritas.

Especificamente para os roteiros das *Atividades IV & V*, as questões tiveram duas formas distintas de abordagens. Para o roteiro sobre correntes e campos elétricos as questões foram construídas para se abordar o conteúdo em duas perspectivas a primeira qualitativa, feita através da observação da dinâmica dos modelos pelos alunos, sem se preocupar com relações matemáticas ou a proporcionalidade entre variáveis *(estudo descritivo e/ou explicativo do modelo)*. A segunda abordagem foi quantitativa através da equação: $\mathbf{i}_{\text{Média}} = \mathbf{\Delta Q/\Delta t}$. No roteiro sobre velocidade média, as questões tiveram caráter apenas quantitativo, explorado através do uso de equações, variáveis e números *(estudo matemático do modelo)* mais especificamente, através da equação – $\mathbf{V}_{\text{Média}} = \mathbf{\Delta S/\Delta t}$.

Os resultados descritivos e exploratórios referentes aos conteúdos de Física abordados nessas duas perspectivas, nos módulos educacionais e avaliações trimestrais, compõem as bases de dados descritas, analisadas e discutidas nos próximos capítulos. Nesse sentido, é importante enfatizar que pelo fato do volume de dados gerados serem muito grandes, dividiu-se tais analises em quatro capítulos.

Assim, os três próximos são referentes ao *Módulo Educacional sobre Correntes & Campos Elétricos*, sendo que: no capítulo V discutem-se os dados referentes às questões 1 e 3 do Roteiro de Atividades & questão 1, item a da Avaliação Trimestral; no capítulo VI é discutido os dados referentes às questões 2 e

4 do Roteiro de Atividades & questão 1, item b da Avaliação Trimestral e no capítulo VII discutem-se os dados referentes à questão 5 do Roteiro de Atividades & questão 2 da Avaliação Trimestral. & no capítulo VIII são discutidos os dados referentes ao *Módulo Educacional sobre Velocidade Média*.

Por fim, é importante destacar que todos os dados produzidos nessa investigação são de natureza qualitativa e quantitativa e para as suas analises, foi utilizada a metodologia de *Estatística Descritiva Univariada* (VIEIRA, 1999); (CRESPO, 2001) & (COSTA, 2004).

Capítulo V:

Análise dos Modelos Microscópicos de Corrente Elétrica: *Uma Abordagem Qualitativa do Conteúdo*

5.1 – Introdução

As análises apresentadas neste e nos próximos três capítulos, foram organizadas em duas etapas complementares e subsequentes. A primeira é constituída pelos dois primeiros blocos de dados da Atividade IV. Nessas etapas procurar-se-á descrever, através de tabelas, as categorias de respostas dos alunos para as questões propostas, no roteiro e na avaliação, que versavam sobre a existência ou não de cargas e campos elétricos no interior de um fio metálico e principalmente, em relação ao movimento dessas cargas e as configurações dos campos elétricos sem e com diferença de potencial (DDP). Tais questões são de cunho exclusivamente qualitativo *(descrição e/ou explicação das dinâmicas dos modelos)* e são descritas, analisadas e discutidas nesse e no próximo capítulo.

A segunda etapa das analises serão construídas a partir do terceiro bloco de dados da Atividade IV e de toda a Atividade V. Para tais dados, serão feitas descrições quantitativas, criação de escalas numéricas (notas), sobre o desenvolvimento quantitativo: números, variáveis e equações *(estudo matemático dos modelos)*. Mais especificamente, através da manipulação das equações ($\mathbf{i}_{\text{Média}} = \mathbf{\Delta Q}/\mathbf{\Delta t}$ e $\mathbf{V}_{\text{Média}} = \mathbf{\Delta S}/\mathbf{\Delta t}$). Esses dados constituem os capítulos VII & VIII respectivamente.

As formulações de respostas, por parte dos estudantes, foram analisadas em dois momentos distintos e subsequentes: imediatamente após as simulações e visualizações dos modelos computacionais dinâmicos (roteiros de atividades) e, em média 6 (Atividade IV) e 4,5 (Atividade V) dias após o desenvolvimento de tais atividades (avaliações trimestrais).

O caminho a ser seguido para a analise desses dados pode ser dividido em duas fases. A primeira consiste em descrever e comparar os *Desempenhos* dos educandos nas atividades escolares desenvolvidas nos roteiros de atividades e nas avaliações trimestrais.

A segunda fase será construída usando-se a descrição e comparação das categorias de respostas e notas dos estudantes, nas duas atividades escolares, para se mapear todas as variações de desempenhos ocorridas e assim, explicar mesmo que de forma parcial, porque tais variações ocorreram.

Dessa forma, pode-se concluir que as análises dos dados terão dois objetivos, são eles: descrever e comparar os desempenhos dos alunos nas duas atividades, ou seja, com e sem modelagem e por fim, mapear as variações dos desempenhos e explicar, mesmo que parcialmente, porque tais variações ocorrem.

5.2 – Aspectos Teóricos das Analises de Dados

Em pesquisas na área de ciências exatas ou da natureza como, por exemplo, Física, Química, Biologia e Engenharias os fatores que influenciam um determinado fenômeno são, em geral, mantidos constantes ou controlados em laboratório de forma que o pesquisador possa varia-los de forma controlada, investigando de forma separada, a influência de cada um deles no fenômeno em questão. Nesse formato de pesquisa, o *Método Experimental* é amplamente utilizado.

Por outro lado, em pesquisas na área de ciências humanas, a natureza dos dados produzidos são em geral multidimensionais, ou seja, em tais investigações, os vários fatores que influenciam em um determinado fenômeno os fazem de forma simultânea não podendo, na maioria das vezes, serem controlados individualmente. Nessa configuração de pesquisa, o *Método*

Estatístico é uma alternativa para se compilar os dados produzidos em uma investigação.

A pesquisa aqui apresentada se insere no universo das ciências humanas mais especificamente, no da educação e para tal, o método experimental não é o mais indicado. Assim, nesse estudo, optou-se pelo método estatístico que segundo Crespo (2001) pode ser entendido como:

> *O método estatístico, diante da impossibilidade de manter as causas constantes, admite todas essas causas presentes variando-as, registrando essas variações e procurando determinar, no resultado final, que influências cabem a cada uma delas (COSTA, 2001, p. 13)*

Dessa forma, em tal método, procura-se a partir do registro sistemático dos dados produzidos e da observância das variações de tais registros, identificar como cada um dos fatores influencia um determinado fenômeno. Nesse sentido, o registro dos dados para a observação de suas variações é a principal ferramenta para investigações pautadas por esse método.

As pesquisas que utilizam tal metodologia possuem etapas a serem seguidas, são elas: *coleta/produção de dados*, *crítica dos dados*, *apuração dos dados*, *exposição ou apresentação dos dados*, *analises dos resultados*. A coleta, crítica e apuração dos dados fazem parte do processo inicial das investigações e em geral, não fazem parte da compilação final dos dados.

Por outro lado, a exposição e as analises finais dos dados produzidos serão apresentadas nos próximos quatro capítulos. Tais analises foram alicerçadas nas seguintes ferramentas estatísticas: *Tabelas* com variáveis qualitativas (categorização) & frequências; *Diagramas* de desempenhos qualitativos de categorias de respostas; *Diagramas* de desempenhos quantitativos de notas; *Organogramas* das variações de notas e, por fim, *Tabelas Cruzadas* de desempenho e frequências de notas.

Neste capítulo serão apresentadas as analises e discussões da primeira, de três partes, dos dados produzidos pela aplicação do *Módulo Educacional* da Atividade IV da investigação Principal. Os resultados aqui apresentados possuem duas fontes, são elas: parte do *Roteiro de Atividades* e também, parte da *Avaliação Trimestral*.

5.3 – Analises do Primeiro Bloco de Dados: Tabelas com Variáveis Qualitativas Categorizações e Frequências (Corrente Elétrica)

Antes de apresentarmos efetivamente a primeira parte de analise dos dados cabe, nesse momento, apresentar um pouco da teoria elétrica dos corpos e também, quais foram os objetivos dessa primeira parte do Estudo IV. Dessa maneira, acredita-se que os dados serão melhores entendidos e contextualizados dentro dessa investigação.

Todos os corpos da natureza são constituídos de átomos que por sua vez, são compostos de três partículas fundamentais, são elas: os prótons, os elétrons e os nêutrons. De acordo com os modelos atômicos atuais prótons e nêutrons se localizam no núcleo dos átomos e os elétrons se encontram na eletrosfera.

Em nosso cotidiano, a maioria dos fenômenos elétricos que presenciamos, é produzida por elétrons. Tais partículas têm a liberdade de se moverem entre os átomos e também, de um corpo para outro. Muitos desses fenômenos elétricos estão relacionados ao que se denomina de **Corrente Elétrica** como, por exemplo, o funcionamento de nossos aparelhos eletrodomésticos, a formação dos relâmpagos dentre outros.

No Ensino Médio, o fenômeno de corrente elétrica é abordado nos currículos escolares sendo que, em geral, se trabalha com tal conteúdo no 3° Ano. A abordagem teórica ou qualitativa dada a esse conteúdo específico pode ser ilustrada a partir de Xavier & Barreto (2010):

> "...chamamos de corrente elétrica o movimento ordenado de cargas elétricas no interior de um condutor, visto que, normalmente, há o movimento desordenado dos elétrons livres, ou de outros portadores de carga, devido a agitação térmica." (Xavier & Barreto, 2010, p. 92)

Dessa forma, a definição científica de corrente elétrica é estabelecido como sendo ***o movimento ordenado de portadores de carga elétrica***, por outro lado, se esse movimento não for ordenado não se terá estabelecido a corrente elétrica nesse caso, somente se terá o movimento caótico ou desordenado dos portadores de carga, produzido principalmente pela agitação térmica das mesmas.

A partir dessas ideias e definições em eletricidade, pode-se dizer que essa parte da Atividade IV – questões 1 e 3 do Roteiro de Atividades (Apêndice B) – teve como objetivo principal trabalhar, a partir de simulações e visualizações computacionais, a definição científica de corrente elétrica, ou seja, a movimentação dos elétrons sem e com DDP. Em um segundo momento, em média seis (6) dias após o trabalho com esse *Módulo Educacional*, na questão 1, item a da Avaliação Trimestral (Apêndice C), tal temática foi retomada a partir de uma situação problema, porém, sem o uso de simulações e visualizações computacionais.

Assim, as tabelas 05, 06 e 07, apresentadas nas próximas páginas, referem-se especificamente a definição científica de corrente elétrica sendo que, as duas primeiras são referentes às atividades com simulações e visualizações computacionais do módulo educacional (questões 1 e 3 do roteiro de atividades) e a última refere-se à avaliação trimestral (questão 1, item a).

5.3.1 – Análises dos Dados Referentes à Definição Científica de Corrente Elétrica em um Condutor Metálico a Partir de Simulações e Visualizações Computacionais: Movimentos dos Elétrons sem e com Diferença de Potencial (DDP)

A Tabela 05, construída a partir das respostas dadas pelos alunos para a primeira questão do roteiro de atividades, é divida em duas partes. A primeira mostra uma representação visual e descrição sucinta dos dois primeiros modelos computacionais utilizados para que os estudantes formulassem respostas após, simulações e visualizações, para as seguintes questões: ***Existem cargas elétricas no interior do fio metálico? Por que essas cargas não formam uma corrente elétrica?***

A segunda parte da tabela mostra uma organização, por categorias, de respostas dadas pelos alunos aos questionamentos supramencionados e também, suas respectivas frequências de ocorrência e porcentagens. Nessa tabela, cada aluno é representado pelo símbolo $\bullet_j$ com **j** sendo números inteiros que variam de 1 a 75. É importante destacar que o foco principal dessa parte das analises dos dados é o segundo questionamento uma vez que o primeiro é automaticamente respondido pelo segundo. Contudo, sua

formulação foi feita no sentido de alertar os educandos, que independente de existir ou não corrente elétrica em um condutor metálico, os elétrons estão presentes no seu interior e na sua superfície.

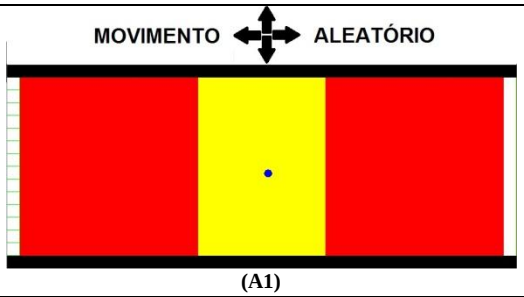
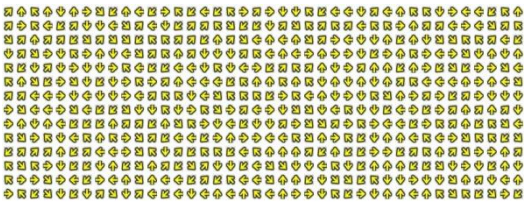
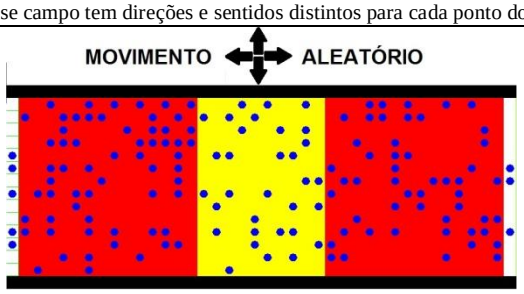
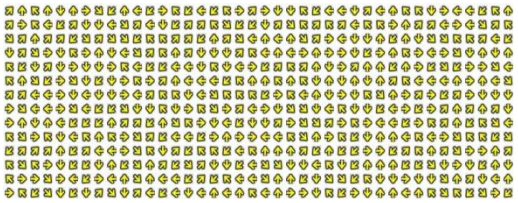
Pode-se ressaltar também, que a Tabela 06 apresentada também nessa sessão, possui a mesma metodologia de apresentação de dados. Por outro lado, a Tabela 07, construída a partir da primeira questão, item a, da Avaliação Trimestral não possui nenhuma parte referente às visualizações e descrições de modelos computacionais e, a Tabela 08 compila ao final da seção as definições das categorias descritas e analisas nas tabelas 05, 06 & 07. Por fim, é importante destacar que em todas as tabelas, a sigla **CO** é a abreviatura de (**CO**rreta), por outro lado, a sigla (**IN**) abrevia a palavra (**IN**correta).

Na Tabela 05 da próxima página, no início de todas as categorias de respostas formuladas para a primeira questão do roteiro de atividades, é possível observar que todos os estudantes responderam *Sim* para o primeiro questionamento, qual seja: *Existem cargas elétricas no interior do fio metálico?* Nesse sentido, é possível constatar que os educandos observaram através das simulações & visualizações computacionais ou através do fato dessa resposta não poder ser negativa, que os elétrons existem no interior do condutor metálico mesmo se esse não tiver sendo percorrido por uma corrente elétrica.

Em relação ao segundo questionamento: *Por que essas cargas não formam uma corrente elétrica?* Foco principal de analise da tabela é possível perceber que as respostas dos setenta e cinco (75) estudantes puderam ser agrupadas em cinco (5) categorias distintas, denominadas de $CO1^5$, $CO2^5$, $CO3^5$, $CO4^5$ e $IN1^5$ respectivamente. O número 5 sobrescrito nas categorias significa que todas elas pertencem a Tabela 05 tal procedimento será adotado também nas tabelas 06 e 07 com o uso dos índices 6 e 7 respectivamente.

Na categoria $CO1^5$, foram reunidas todas as respostas que versavam sobre o fato de que os elétrons não formavam uma corrente elétrica, única e exclusivamente, pelo fato dos movimentos deles serem *desordenados, não ordenados, aleatórios, não uniformes,* dentre outras denominações. Tal categoria de resposta foi formulada por quarenta e nove (49) educandos, ou seja, aproximadamente 65,34% das respostas.

Tabela 05: *Análise das Atividades da Primeira Questão do Roteiro de Atividades*

MODELOS COMPUTACIONAIS	
 **(A1)**	 **(A2)**
O primeiro modelo computacional representado parcialmente na Figura A1 é totalmente hipotético, pois, no interior do fio metálico simulava-se um único elétron se movimentando de forma aleatória. A Figura A2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo tem direções e sentidos distintos para cada ponto do espaço.	
 **(B1)**	 **(B2)**
O segundo modelo computacional representado parcialmente na Figura B1 se aproxima de uma situação real, pois, no interior do fio metálico vários elétrons se movimentavam de forma aleatória. A Figura B2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo tem direções e sentidos distintos em cada ponto do espaço.	
CATEGORIAS DAS RESPOSTAS	**FREQUENCIA DAS RESPOSTAS**
CO1[5] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma desordenada/não ordenada/aleatória/não uniforme/a mudar de direção toda hora/a mudar sempre de posição, não ficando em uma posição só/a não ter direção correta/seguindo várias direções.*	●*1* ●*2* ●*3* ●*4* ●*5* ●*6* ●*9* ●*10* ●*11* ●*12* ●*14* ●*15* ●*18* ●*19* ●*21* ●*23* ●*24* ●*25* ●*26* ●*28* ●*29* ●*30* ●*31* ●*33* ●*35* ●*36* ●*37* ●*38* ●*42* ●*46* ●*47* ●*48* ●*51* ●*52* ●*55* ●*56* ●*57* ●*59* ●*61* ●*62* ●*63* ●*65* ●*66* ●*67* ●*69* ●*70* ●*71* ●*72* ●*73* (49 ou ≈ 65,34%)
CO2[5] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma desordenada/não ordenada/aleatória,* **não formando assim,** *corrente elétrica.*	●*7* ●*8* ●*13* ●*16* ●*43* ●*54* ●*58* ●*60* ●*68* ●*74* (10 ou ≈ 13,34%)
CO3[5] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma aleatória/de forma a não ter direção correta,* **pois** *movimentam-se sempre de acordo com o Campo Elétrico (**E**).*	●*17* ●*20* ●*40* ●*45* ●*64* ●*75* (6 ou 8%)
CO4[5] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma desordenada/não ordenado,* **pois** *não estão submetidos a uma diferença de potencial elétrico.*	●*34* ●*49* (2 ou ≈ 2,66%)
IN1[5] *Sim,* **porque** *tem carga, tem movimento, mas, não tem corrente, pois, a cada hora o elétron tem um campo/não estão ligados a um campo elétrico como, ligados numa tomada ficam em posição diferente, eles não ficam aleatórios/tem movimento e não contém carga elétrica/ficam coordenados e não conduz carga elétrica, os elétrons ficam sem direção correta/ficam coordenados e não produz carga elétrica/se movimentam aleatoriamente e o campo é uniforme.*	●*22* ●*27* ●*32* ●*39* ●*41* ●*44* ●*50* ●*53* (8 ou ≈ 10,66%)

Para a categoria CO2[5], as respostas se referem também sobre os movimentos *desordenados*, *não ordenados* ou *aleatórios* dos elétrons, porém, enfatizando que essas características de movimento, não faria com que os

elétrons formassem uma corrente elétrica. Essa estrutura de resposta foi utilizada por dez (10) estudantes, ou seja, aproximadamente 13,34% dos alunos.

A categoria CO3[5] reúne as respostas estruturadas pelos alunos que versavam sobre os movimentos *aleatórios* ou *de forma a não ter direção "correta"*, porém, justificando que tais características de movimentação ocorrem por causa do Campo Elétrico (**E**) no interior do fio metálico.

Como nessas duas primeiras simulações e visualizações os campos possuem direções e sentidos distintos em cada ponto do espaço do fio, os elétrons também se movimentariam em direções e sentidos distintos. Essa estrutura de resposta foi observada para seis (6) alunos, ou seja, 8% dos educandos.

Na categoria CO4[5], as respostas foram estruturadas também a partir das características de movimentação das cargas elétricas: movimentos *desordenados* e *não ordenados*, justificando que tais movimentações ocorrem pelo fato dos elétrons não estarem submetidos a uma diferença de potencial (DDP). Tal estrutura de resposta foi formulada apenas por dois (2) alunos, ou seja, aproximadamente 2,66% deles.

As quatro (4) primeiras categorias de respostas podem ser classificadas como corretas, pois, todos esses estudantes responderam que nos modelos computacionais, simulados e visualizados, observam-se características para não se formar uma corrente elétrica.

Tais categorias de respostas usaram justificativas distintas para caracterizar porque no condutor metálico modelado as cargas não formariam uma corrente elétrica. Essas argumentações estão pautadas principalmente na observância dos movimentos aleatórios ou desordenados dos elétrons, nas configurações aleatórias de campos elétricos e também, na ausência de diferença de potencial. Dessa forma, um total sessenta e sete (67) alunos responderam corretamente, a primeira questão do roteiro de atividades, após as simulações e visualizações dos dois primeiros modelos, ou seja, aproximadamente 89,34%.

Por outro lado, a categoria IN1[5] reúne todas as respostas que podem ser classificadas como incorretas; inesperadas e/ou insatisfatórias, pois, apresentam justificativas que parecem não estarem pautadas nas observações das dinâmicas dos dois primeiros modelos computacionais. Para essa categoria de respostas, existe um total de dez (10) alunos, ou seja, aproximadamente 10,66%.

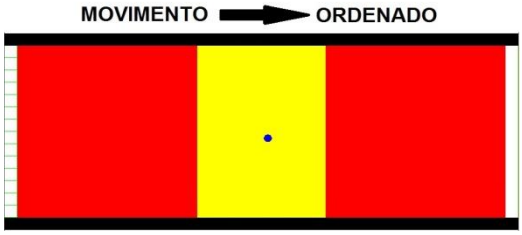
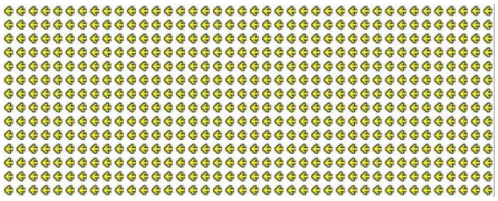
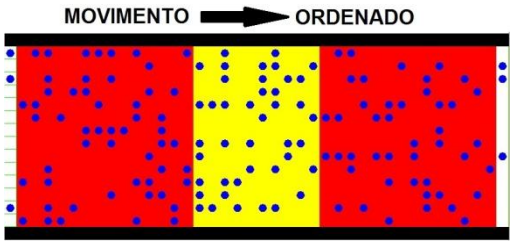
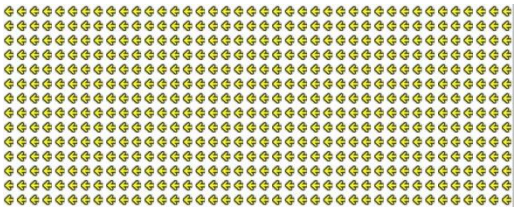
Essas respostas possuem em suas formulações erros como, por exemplo, *a cada hora o elétron tem um campo*, *não estão ligados a um campo elétrico*, *eles não ficam aleatórios*, *o campo é uniforme* dentre outras. É importante destacar que nesses dois primeiros modelos, as dinâmicas simulam representações apenas dos movimentos desordenados dos elétrons e as respectivas configurações dos campos elétricos no interior do condutor metálico que não está sujeito a uma DDP. Nesse sentido, tais educandos parecem não ter conseguido descrever ou interpretar de forma satisfatória esses modelos computacionais.

A Tabela 06, construída a partir das respostas dadas pelos alunos para a terceira questão do roteiro de atividades é também divida em duas partes. A primeira mostra uma representação visual e descrição sucinta do terceiro e quarto modelos utilizados na atividade. A segunda parte expõe as categorias de respostas formuladas pelos estudantes, após simulações e visualizações, para os seguintes questionamentos: ***Existem cargas elétricas no interior do fio metálico? Porque essas cargas agora conseguem formar uma corrente elétrica?*** Mas uma vez, o foco de analise dessa tabela é o segundo questionamento, pois, o primeiro é automaticamente respondido pelo segundo.

Assim, observa-se novamente que em todas as categorias de respostas formuladas para essa terceira questão, os estudantes responderam *Sim* para o primeiro questionamento. Nesse sentido, constata-se mais uma vez que os alunos observaram através das simulações & visualizações computacionais ou através do fato dessa resposta não poder ser negativa, que os elétrons existem no interior do fio quando este é percorrido por uma corrente elétrica.

Em relação ao segundo questionamento, foco principal da analise, é possível perceber que as respostas dos setenta e cinco (75) estudantes puderam ser agrupadas agora em sete (7) categorias distintas.

Tabela 06: *Analise das Atividades da Terceira Questão do Roteiro de Atividades*

MODELOS COMPUTACIONAIS	
 **(C1)**	 **(C2)**
O terceiro modelo computacional representado parcialmente na Figura C1 também é totalmente hipotético, pois, no interior do fio metálico simulava-se um único elétron se movimentando de forma ordenada da esquerda para a direita. A Figura C2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo agora têm direções e sentidos constantes.	
 **(D1)**	 **(D2)**
O quarto modelo computacional representado parcialmente na Figura D1 se aproxima de uma situação real, pois, no interior do fio metálico vários elétrons se movimentavam de forma ordenada da esquerda para a direita. A Figura D2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo agora têm direções e sentidos constantes.	
CATEGORIAS DAS RESPOSTAS	**FREQUENCIA DAS RESPOSTAS**
CO1[6] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma ordenada/ordenadamente/ caminhando na mesma direção para o mesmo lado/de forma uniforme/de forma coordenada.*	●*1* ●*2* ●*3* ●*4* ●*5* ●*6* ●*8* ●*10* ●*12* ●*13* ●*16* ●*18* ●*19* ●*21* ●*28* ●*30* ●*31* ●*33* ●*34* ●*35* ●*36* ●*37* ●*38* ●*39* ●*42* ●*46* ●*50* ●*53* ●*56* ●*60* ●*65* ●*66* ●*67* ●*68* ●*69* ●*70* ●*71* ●*73* (38 ou ≈ 50,67%)
CO2[6] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma ordenada/na mesma direção,* **pois,** *existe corrente elétrica.*	●*7* ●*11* ●*15* ●*17* ●*27* ●*59* (6 ou 8%)
CO3[6] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma ordenada/na mesma direção/de forma* uniforme, **pois o campo elétrico** *aponta sempre para uma mesma direção/ faz com que as cargas tenham direção única/existe em uma direção/ faz formar uma corrente elétrica/aponta para uma direção e os elétrons são obrigados a seguir na direção contrária ao campo devido a sua carga negativa/ é uniforme/é ordenado.*	●*9* ●*20* ●*22* ●*24* ●*25* ●*29* ●*40* ●*41* ●*47* ●*48* ●*54* ●*55* ●*57* ●*58* ●*61* ●*62* ●*63* ●*72* ●*75* (19 ou ≈ 25,34%)
CO4[6] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma ordenada,* **pois,** *existe uma diferença de potencial.*	●*49* (1 ou ≈ 1,34%)
CO5[6] *Sim,* **porque os elétrons se movimentam** *de forma ordenada/para o mesmo lado/ para determinada direção/na direção contrária ao campo,* **pois têm uma força/campo** *empurrando eles para frente/ que os empurram/ empurrando os elétrons/ atua sobre eles/ uniforme puxando os elétrons.*	●*14* ●*26* ●*44* ●*52* ●*74* (5 ou ≈ 6,67%)
CO6[6] *Sim,* **porque** *o campo elétrico tem direção e sentido único/o campo elétrico tem sentido, ou seja, estão na mesma direção/consegue formar uma corrente, pois, o campo é uniforme/o campo é uniforme e tem corrente elétrica e tem um movimento ordenado.*	●*23* ●*45* ●*51* ●*64* (4 ou ≈ 5,34%)
IN1[6] *Sim,* **porque** *tem uma carga jogando eles para a direita/o campo elétrico é negativo e uniforme.*	●*32* ●*43* (2 ou ≈ 2.67%)

Tais categorias foram denominadas: $CO1^6$, $CO2^6$, $CO3^6$, $CO4^6$, $CO5^6$, $CO6^6$ e $IN1^6$ respectivamente, ou seja, duas categorias a mais quando se compara com a Tabela 05.

Nesse sentido, as quatro primeiras estruturas de respostas das duas tabelas possuem correspondência similar; já as categorias $CO5^6$ e $CO6^6$ são novas estruturas de respostas. Por fim, a categoria $IN1^6$ é similar a essa mesma categoria da Tabela 05.

Assim, na categoria $CO1^6$, foram reunidas todas as respostas que versavam sobre o fato de que os elétrons formavam uma corrente elétrica, única e exclusivamente, pelo fato do movimento deles serem *ordenados, para a mesma direção, uniforme,* dentre outras denominações. Tal categoria de resposta foi formulada por trinta e oito (38) educandos, ou seja, aproximadamente 50,67% das respostas.

Essa estrutura de resposta é similar à categoria $CO1^5$. Ou seja, justificar a resposta levando em consideração apenas às características de movimento dos elétrons observadas nas simulações e visualizações computacionais sendo que, no primeiro caso o movimento é desordenado e no segundo caso, o movimento é ordenado.

Na categoria $CO2^6$, as respostas versavam também sobre os movimentos *ordenados*, *na mesma direção*, porém, enfatizando que essas características de movimento das cargas, fariam com que elas formassem uma corrente elétrica. Essa estrutura de resposta foi utilizada por seis (6) estudantes, ou seja, 8% dos alunos. Tal categoria também é similar à estrutura de resposta $CO2^5$ sendo que, no primeiro caso não existe uma corrente elétrica e no segundo caso, há uma corente elétrica.

A categoria $CO3^6$ compila as respostas estruturadas pelos alunos que versavam sobre os movimentos *ordenados*, *na mesma direção* e *uniforme* dos elétrons, justificando que tais características de movimentação ocorrem devido ao Campo Elétrico (**E**) no interior do fio metálico.

Na terceira e quarta simulações e visualizações computacionais, os vetores representativos do campo, possuem as mesmas direções e sentidos em cada ponto do espaço e dessa forma, os elétrons também se

movimentariam sempre na mesma direção e sentido. Tal estrutura de resposta foi observada para dezenove (19) alunos, ou seja, aproximadamente 25,34% dos educandos. Mais uma vez, essa estrutura de resposta é similar à categoria $CO3^5$ da Tabela 05.

Na categoria $CO4^6$, a resposta foi estruturada a partir da característica de movimentação das cargas elétricas: movimentos *ordenados* dos elétrons justificando que tal movimentação ocorre pelo fato dos elétrons estarem submetidos a uma diferença de potencial (DDP). Tal estrutura de resposta foi formulada apenas por um (1) aluno, ou seja, aproximadamente 1,34%. Tal categoria é similar à estrutura de resposta da categoria $CO4^5$ utilizada, naquela ocasião, por dois (2) estudantes.

Para a categoria $CO5^6$, a resposta foi estruturada a partir da característica de movimentação das cargas elétricas, movimentos *ordenados*, *para o mesmo lado*, *para determinada direção* e *na direção contrária ao campo* justificando que tal movimentação ocorre pelo fato dos elétrons estarem submetidos a uma força/campo que exerce *"força"* sobre eles: *empurrando*, *puxando* ou *atuando* sobre as cargas. Tal estrutura de resposta foi formulada por cinco (5) educandos, ou seja, aproximadamente 6,67%. Tal categoria de resposta não possui estrutura similar na Tabela 05.

A categoria $CO6^6$, a resposta foi estruturada única e exclusivamente a partir da configuração dos campos elétricos (**E**) no interior do fio metálico sem usar nenhuma característica da movimentação dos elétrons. Assim, segundo essa categoria de resposta, as cargas formariam uma corrente elétrica, pois, o campo elétrico tem *direção e sentido único*, *está na mesma direção*, *é uniforme* dentre outras argumentações. Tal estrutura de resposta foi formulada por quatro (4) estudantes, ou seja, aproximadamente 5,34%. Tal categoria de resposta também não possui estrutura similar na tabela anterior.

Essas seis (6) primeiras categorias de respostas podem ser classificadas como corretas, satisfatórias ou esperadas, uma vez que todos esses estudantes responderam que nos modelos computacionais, simulados e visualizados, observam-se características para se formar uma corrente elétrica.

Tais categorias de respostas usaram justificativas distintas para caracterizar porque no condutor metálico modelado, as cargas formam uma corrente elétrica. Essas argumentações estão pautadas principalmente na observância dos movimentos dos elétrons, na configuração dos campos elétricos, nas forças que atuam nos elétrons e também, na diferença de potencial. Dessa forma, um total setenta e três (73) alunos responderam corretamente, a terceira questão do roteiro de atividades, ou seja, aproximadamente 97,34% dos estudantes.

Por outro lado, a categoria IN1[6], reúne todas as respostas que podem ser classificadas como incorretas; inesperadas ou insatisfatórias, pois, apresentam justificativas que parecem não estar pautadas nas observações das dinâmicas dos dois últimos modelos computacionais. Para essa categoria de respostas existem apenas dois (2) alunos, ou seja, aproximadamente 2,66%. Tal categoria é similar à categoria IN1[5].

Essas respostas possuem em suas formulações erros como, por exemplo, *tem uma carga jogando eles para a direita* e *o campo elétrico é negativo e uniforme*. É importante destacar nesses dois últimos modelos, que as dinâmicas simulam representações apenas dos movimentos ordenados dos elétrons e as respectivas configurações do campo elétrico no interior de um condutor metálico submetido a uma voltagem. Nesse sentido, tais educandos parecem não ter conseguido descrever ou interpretar de forma satisfatória tais modelos computacionais.

A Tabela 07 mostrada na próxima página foi construída a partir das respostas dadas pelos alunos para a primeira questão (item a) da avaliação trimestral. Tal tabela, também é estruturada em duas partes. A primeira mostra a descrição da situação problema que os alunos responderam, relativa à definição científica de corrente elétrica em um condutor metálico. Especificamente, relacionada à comparação dos movimentos de elétrons, em um fio metálico, sem e com diferença de potencial (DDP) entre seus terminais. A segunda parte expõe as categorias de respostas e suas respectivas frequências.

Nessa tabela, é possível perceber que as respostas dos setenta e cinco (75) estudantes puderam ser agrupadas em seis (6) categorias distintas,

denominadas de CO1[7], CO2[7], CO3[7], IN1[7], IN2[7] e IN3[7] respectivamente. Nesse sentido, as três primeiras categorias de respostas dessa tabela, possuem correspondência total ou parcial com as categorias – CO1[5], CO2[5], CO3[5], CO4[5], CO1[6], CO2[6], CO3[6], CO4[6] e CO5[6] – das duas tabelas anteriores. Assim, as categorias CO1[7], CO2[7] e CO3[7], foram pautadas levando em consideração exclusivamente as distinções entre os movimentos dos elétrons nos fios com e sem voltagem; distinções estas, presentes em todas as categorias supracitadas das tabelas 05 e 06.

Tabela 07: *Analise das Atividades da Avaliação Trimestral – Questão 1 item a*

Imagine dois fios metálicos, um que está ligado aos terminais de uma bateria e o outro não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, a partir dessas informações responda ao que se pede: *Qual é a diferença em relação ao MOVIMENTO DOS ELÉTRONS no fio ligado a bateria, quando comparado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?*

CATEGORIAS DAS RESPOSTAS	FREQUENCIA DAS RESPOSTAS
CO1[7] No fio que está ligado a bateria, o movimento dos elétrons são: *sempre na mesma direção/ordenados/para o mesmo lado/direcionados a uma mesma direção/contrários ao sentido do campo/ordenados, indo somente em uma direção/sempre na mesma direção e contrária ao sentido do campo/uniformes/um movimento só/em certa direção/seguindo o mesmo caminho/de acordo com a corrente elétrica/organizados*. **E, por outro lado, no fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, os movimentos dos elétrons são:** *desordenados, de um lado para o outro/desordenados/aleatórios de um lado para o outro/aleatórios/sem sentidos/aleatórios, se deslocando em várias direções/com sentidos diferentes/desordenados, todos com direções diferentes/soltos/descoordenados/em todas as direções/em qualquer direção/não tem direção/seguindo movimentos diferentes/um movimento livre/desorganizados.*	●1 ●2 ●3 ●4 ●5 ●6 ●8 ●9 ●10 ●11 ●12 ●13 ●14 ●15 ●16 ●17 ●18 ●21 ●23 ●25 ●28 ●29 ●30 ●32 ●34 ●39 ●40 ●41 ●43 ●47 ●49 ●50 ●51 ●52 ●54 ●55 ●57 ●58 ●60 ●61 ●62 ●63 ●64 ●65 ●67 ●68 ●69 ●70 ●71 ●74 ●75 (51 ou 68%)
CO2[7] No fio que está ligado a bateria, os movimentos dos elétrons são: *ordenados/em uma certa direção.*	●35 ●38 ●42 ●59 ●66 (5 ou ≈ 6,67%)
CO3[7] No fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, os movimentos dos elétrons são: *em várias direções aleatórias.*	●24 (1 ou ≈ 1,34%)
IN1[7] *As partículas portadoras de carga elétrica se movimentam em determinados materiais/a diferença é que a bateria tem carga elétrons e o fio não tem*	●37 ●46 (2 ou ≈ 2.67%)
IN2[7] No fio que está ligado a bateria: *o campo elétrico é ordenado/o movimento dos eletros é desordenado/os elétrons ficam em movimento/o movimento dos elétrons serão muito rápidos e sem nenhuma direção/está carregado/tem corrente elétrica/os elétrons se movimentam para uma certa direção/os elétrons seguem a linha de campo/os elétrons se movimentam em direção ao campo magnético/os elétrons se movimentam para o mesmo lado*. **E, por outro lado, no fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico:** *o campo elétrico é desordenado/o movimento dos elétrons é ordenado/os elétrons ficam parados/os elétrons se movimentam normalmente/não está carregado/não tem energia/o movimento dos elétrons é desordenado/os elétrons não terão movimento ordenado.*	●7 ●20 ●22 ●26 ●27 ●31 ●33 ●36 ●44 ●45 ●48 ●53 ●56 ●72 ●73 (15 ou 20%)
IN3[7] Não Respondeu.	●19 (1 ou ≈1,34%)

Por outro lado, as categorias $IN1^7$ e $IN2^7$ possuem correspondência, completa ou parcial, com as tabelas 05 e 06 relacionando-se com as respostas consideradas incorretas, inesperados e/ou insatisfatórias, ou seja, categorias $IN1^5$ e $IN1^6$ respectivamente. Por fim, a categoria $IN3^7$, não possui nenhuma categoria em correspondência com as duas tabelas anteriores, pois, corresponde a respostas em branco.

Na categoria $CO1^7$, foram reunidas todas as respostas completas que versavam sobre a diferença no movimento dos elétrons nos dois fios metálicos, com e sem diferença de potencial (DDP). Tais respostas utilizavam, por exemplo, que o movimento das cargas: *eram sempre na mesma direção*, *ordenados*, *para o mesmo lado* dentre outras caracterizando assim, a forma de movimentação das partículas no fio com DDP. Para se caracterizar o movimento dessas cargas no fio sem DDP, foram utilizados termos como: movimento *desordenados*, *de uma lado para outro*, *aleatórios* dentre outras respostas. Tal categoria de resposta foi formulada por cinquenta e um (51) educandos, ou seja, aproximadamente 68% das respostas.

Na categoria $CO2^7$, foram organizadas as respostas incompletas que respondiam apenas sobre o movimento dos elétrons no fio com diferença de potencial (DDP). Tais respostas utilizavam, por exemplo, que o movimento das cargas eram *ordenados*, *em uma certa direção* e assim, caracterizavam o tipo de movimentação das partículas nesse fio. Tal categoria de resposta foi formulada por cinco (5) estudantes, ou seja, aproximadamente 6,67%.

Na categoria $CO3^7$, foram organizadas as respostas incompletas, porém, que agora respondiam apenas sobre o movimento dos elétrons no fio sem diferença de potencial (DDP). Tal resposta utilizava como argumentação que o movimento das partículas era *em várias direções aleatórias* para caracterizar tal movimentação. Tal categoria de resposta foi formulada apenas por um (1) único estudante, ou seja, aproximadamente 1,34%.

Essas três (3) primeiras categorias de respostas podem ser classificadas como satisfatórias ou esperadas sendo que, a primeira está totalmente dentro do contexto da atividade proposta, pois, responde corretamente e de forma completa a situação problema, item a, da avaliação trimestral. Por outro lado, a segunda e terceira categorias, apesar de serem respostas corretas, não são

totalmente satisfatórias ou dentro do esperado, pois, são respostas incompletas, uma em relação ao fio com DDP e outra em relação ao fio sem DDP.

Em tais categorias de respostas, a justificativa é pautada exclusivamente na diferenciação dos movimentos nos dois casos, fio metálico com e sem DDP. Ou seja, caracterizando a diferença na movimentação das partículas. As argumentações que versavam sobre: configuração dos campos elétricos, forças que atuam nos elétrons e diferença de potencial não foram observadas nessas respostas. Temos assim, que um total cinquenta e sete (57), ou seja, 76% dos alunos responderam corretamente, mesmo que de forma parcial, o item a da primeira questão proposta na avaliação trimestral.

A categoria IN1[7] reúnem as respostas incorretas, inesperadas e/ou inconsistentes e que não diferenciam as duas situações propostas na questão. Ou seja, não estruturando a resposta em relação ao fio submetido e ao fio não submetido a uma DDP. Nessa categoria, as repostas versavam, por exemplo, *que as partículas se movimentavam em determinados materiais* ou ainda, *que a bateria tem carga e o fio não*. Tais respostas foram formuladas apenas por dois (2) alunos, correspondendo a um total de 2,67% das respostas.

Por outro lado, na categoria IN2[7], encontram-se compiladas respostas incorretas, inesperadas e/ou insatisfatórias, porém, estruturadas de forma a diferenciar as duas situações propostas. Nesse sentido, tal estrutura de resposta se caracteriza principalmente por três aspectos, são eles: 1) caracterização dos campos elétricos ao invés do movimento das cargas; 2) inversão das respostas para a caracterização dos movimentos, ou seja, fio com DDP movimento desordenado, fio sem DDP movimento ordenado e 3) respostas com definições incorretas. Tal categoria agrupa um total de quinze (15) alunos ou 20% das respostas dadas.

Por fim, a categoria IN3[7] representa as respostas em branco. Não responder a situação problema proposta, foi observada apenas para um (1) estudante, ou seja, 1,34% das respostas apenas.

Essas categorias possuem em suas formulações erros conceituais, inversões das temáticas, fuga do tema proposto e ainda resposta em branco.

Tabela 08: *Descrição Formal das Categorias de Respostas das Tabelas 05, 06 & 07*

Categoria	Descrição da Categoria	Totais
Tabela 05: *Porque essas cargas não formam uma corrente elétrica?*		
CO1[5]	*Categoria de respostas relacionadas apenas ao movimento dos elétrons no condutor metálico nesse caso, movimentos desordenados.*	49
CO2[5]	*Categoria de respostas relacionadas aos movimentos desordenados dos elétrons no condutor metálico, ressaltando que tais movimentos não formam uma corrente elétrica.*	10
CO3[5]	*Categoria de respostas relacionadas ao movimento dos elétrons, justificando tal movimentação a partir da configuração do campo elétrico no interior do condutor metálico: configuração não uniforme.*	6
CO4[5]	*Categoria de respostas relacionadas ao movimento dos elétrons, justificando tal movimentação a partir da falta de diferença de potencial (DDP) entre dois pontos quaisquer do condutor.*	2
IN1[5]	*Categoria de respostas relacionada a erros conceituais.*	8
	TOTAL	**75**
Tabela 06: *Porque essas cargas agora conseguem formar uma corrente elétrica?*		
CO1[6]	*Categoria de respostas relacionadas apenas ao movimento dos elétrons no condutor metálico nesse caso, movimentos ordenados.*	38
CO2[6]	*Categoria de respostas relacionada aos movimentos ordenados dos elétrons no condutor metálico, ressaltando que tais movimentos formam uma corrente elétrica.*	6
CO3[6]	*Categoria de respostas relacionadas ao movimento dos elétrons, justificando tal movimentação a partir da configuração do campo elétrico no interior do fio metálico: configuração uniforme.*	19
CO4[6]	*Categoria de respostas relacionadas ao movimento dos elétrons, justificando tal movimentação a partir da diferença de potencial (DDP) entre dois pontos quaisquer do condutor.*	1
CO5[6]	*Categoria de respostas relacionadas ao movimento dos elétrons justificando tal movimentação a parir da força/campo que atua nos elétrons, "empurrando-os" sempre na mesma direção.*	5
CO6[6]	*Categoria relacionada apenas à configuração do campo elétrico no interior do fio metálico: configuração uniforme*.	4
IN1[6]	*Categoria de respostas relacionadas a erros conceituais.*	2
	TOTAL	**75**
Tabela 07: *Qual é a diferença, em relação ao movimento dos elétrons, no fio ligado a bateria, quando comparado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?*		
CO1[7]	*Categoria de resposta completa, relacionada à comparação dos movimentos dos elétrons nos dois condutores: submetido e não submetido à diferença de potencial.*	51
CO2[7]	*Categoria de resposta incompleta, relacionada aos movimentos dos elétrons em apenas um dos condutores nesse caso, submetido à diferença de potencial.*	5
CO3[7]	*Categoria de resposta incompleta, relacionada aos movimentos dos elétrons em apenas um dos condutores nesse caso, não submetido à diferença de potencial.*	1
IN1[7]	*Categoria de respostas com erros conceituais e que não diferenciam as duas situações em questão.*	2
IN2[7]	*Categorias de respostas com erros conceituais e que diferenciam as duas situações em questão;*	15
IN3[7]	*Categorias de respostas em branco.*	1
	TOTAL	**75**

Tais estruturas de respostas, mais uma vez, não parecem ter sido formuladas a partir das observações dos modelos anteriormente simulados e visualizados nas aulas.

Nesse sentido, tais educandos não conseguiram descrever ou interpretar, de forma correta, a questão proposta na avaliação trimestral e nem relaciona-las aos modelos computacionais anteriormente trabalhados em sala. Na Tabela 08 da página anterior, encontram-se definidas todas as categorias de respostas apresentadas, discutidas e analisadas nessa seção.

5.3.1.1 – Visão Geral dos Estudantes Sobre a Definição Científica de Corrente Elétrica em um Condutor Metálico na Atividade com Modelagem Computacional e na Avaliação Trimestral

A partir da descrição e comparação, feitas na seção anterior, sobre o desenvolvimento da definição científica de corrente elétrica pelos estudantes nas duas atividades escolares será feito aqui, o mapeamento das variações de respostas ocorridas e também, levantar-se-á algumas hipóteses sobre porque tais variações ocorreram. Para se cumprir tais objetivos será apresentado na próxima página o Diagrama 01, que cruza todas as respostas formuladas pelos estudantes para os principais questionamentos das questões 01 e 03 do roteiro de atividades e também da questão 01, item a, da avaliação trimestral.

A partir de tal diagrama é possível observar simultaneamente os padrões de respostas dos alunos, definidos na Tabela 08, durante as duas atividades escolares. Nesse sentido, tem-se que no eixo horizontal, estão agrupadas as categorias de respostas $CO1^5$, $CO2^5$, $CO3^5$, $CO4^5$ e $IN1^5$ e no eixo vertical estão dispostas as categorias de respostas $CO1^6$, $CO2^6$, $CO3^6$, $CO4^6$, $CO5^6$, $CO6^6$ e $IN1^6$.

Assim, tal diagrama possui um total de trinta e cinco (35) quadrantes. Cada um deles corresponde a uma possível combinação de respostas para os dois principais questionamentos das questões 01 & 03. Ainda nessa direção, o Diagrama 01 é subdividido em cores, sendo que: todos os quadrantes em azul claro são combinações de respostas corretas para os dois questionamentos; os quadrantes em cinza claro são combinações de respostas onde, pelo menos um dos questionamentos foi respondido de forma incorreta e por fim, o

quadrando em cinza escuro corresponde a única combinação de resposta em que os dois questionamentos foram respondidas de forma incorreta.

Para se observar quais categorias de respostas foram utilizadas pelos estudantes para a questão 01, item a, da avaliação trimestral organizou-se a seguinte metodologia de cores e formas geométricas: a cor **preta** representa respostas consideradas corretas, subdivididas da seguinte forma; círculo preto ($\bullet_j$), quadrado preto ($\blacksquare_j$) e quadrado preto, porém, branco por dentro ($\square_j$) indicam que as categorias de respostas utilizadas por esses alunos foram $CO1^7$, $CO2^7$ e $CO3^7$ respectivamente.

Por outro lado, a cor **vermelha** representa respostas consideradas incorretas, subdivididas da seguinte forma: círculo vermelho ($\bullet_j$), quadrado vermelho ($\blacksquare_j$) e quadrado vermelho, porém, branco por dentro ($\square_j$) indicam que as categorias de respostas utilizadas na avaliação trimestral por esses estudantes foram $IN1^7$, $IN2^7$ e $IN3^7$ respectivamente. Por fim, cabe destacar que os símbolos: $\bullet_j$, $\blacksquare_j$, $\square_j$, $\bullet_j$, $\blacksquare_j$ e $\square_j$ representam os setenta e cinco (75) estudantes investigados nessa pesquisa sendo que **j** é um número inteiro que varia de 1 a 75.

Inicialmente, dos vinte e quatro (24) quadrantes azuis, observa-se que sessenta e seis (66) estudantes formularam respostas corretas para os dois questionamentos principais das questões 01 & 03 do roteiro de atividades. Desse total, tem-se que na avaliação trimestral: cinquenta e dois (52) responderam corretamente, mesmo que de forma parcial e, quatorze (14) responderam a situação problema de forma incorreta.

Das cinquenta e duas (52) respostas consideradas corretas na avaliação trimestral quarenta e seis (46) relacionam-se com a categoria $CO1^7$; cinco (5) com a categoria $CO2^7$ e uma (1) com a categoria $CO3^7$. Tais categorias representam respectivamente respostas completas relacionadas à comparação do movimento dos elétrons nas duas situações em questão; respostas incompletas relacionadas ao movimento dos elétrons apenas no fio submetido à diferença e potencial e por fim, respostas incompletas relacionadas apenas ao movimento dos elétrons no fio que não está submetido a uma DDP.

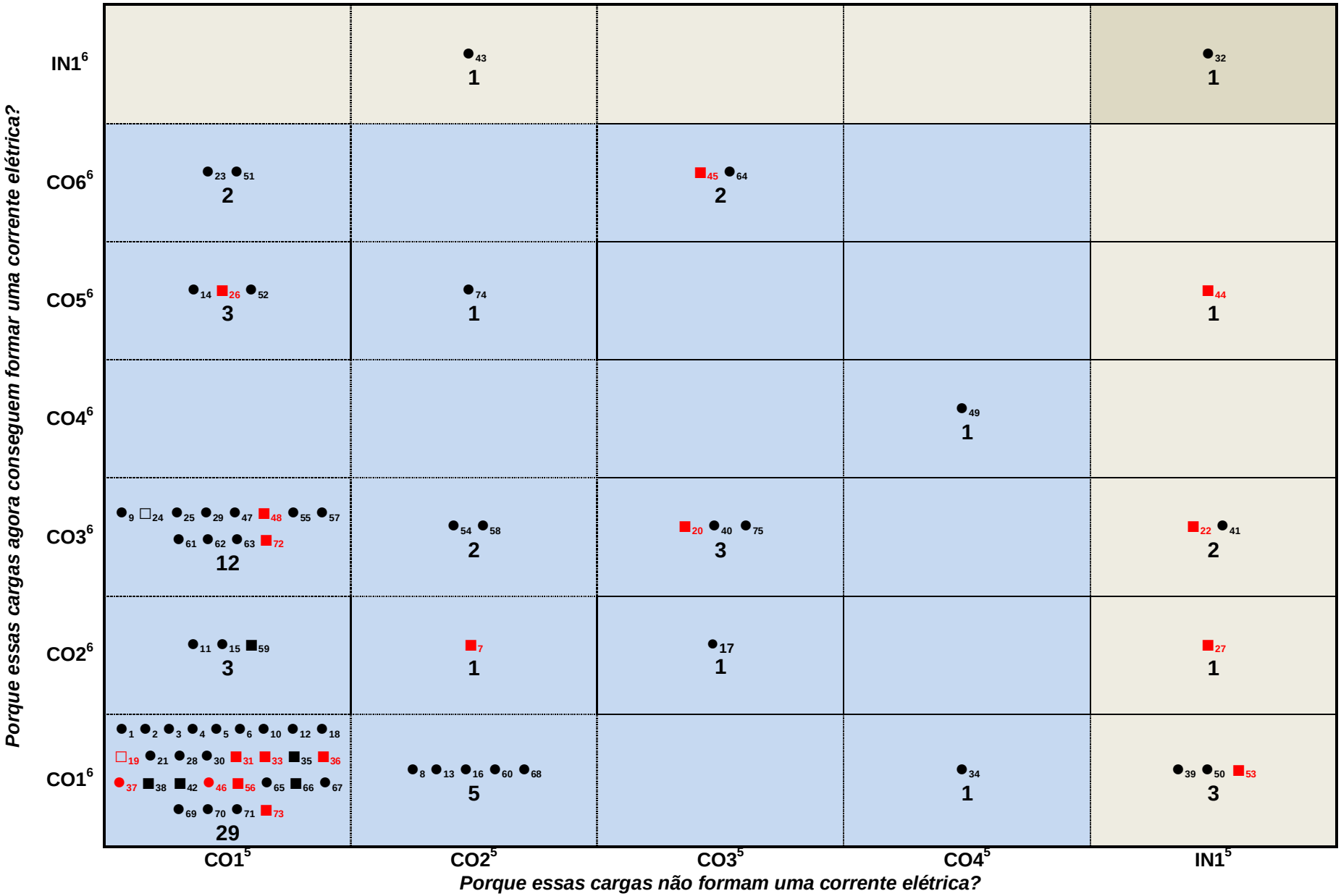


Diagrama 01: *Diagrama Cruzado Referente às Questões 01 e 02 do Roteiro de Atividades e Questão 01, item a, da Avaliação Trimestral*

Por outro lado, das quatorze (14) respostas incorretas, dadas na avaliação trimestral, duas (2) são relacionadas a categoria $IN1^{7}$; onze (11) a categoria $IN2^{7}$ e uma (1) a categoria $IN3^{7}$ que representam respectivamente respostas com erros conceituais e que não diferençam as duas situações propostas; respostas com erros conceituais e que diferençam as duas situações propostas e por fim, resposta em branco.

De todas as vinte e quatro (24) combinações possíveis de respostas corretas para os dois questionamentos principais das questões 01 & 03, observou-se que foram formuladas apenas quatorze (14) combinações. Nesse sentido, a combinação mais comum observada foi $CO1^{5}$ – $CO1^{6}$, ou seja, tais alunos responderam os dois questionamentos levando em consideração apenas a movimentação dos elétrons observados nas simulações e visualizações computacionais.

Tal combinação de resposta foi utilizada por vinte e nove (29) educandos sendo que, na avaliação trimestral, oito (8) deles responderam incorretamente a situação problema e vinte e um (21) responderam corretamente.

Outra combinação de resposta muito utilizada pelos alunos e que pode ser observada no Diagrama 01 foi $CO1^{5}$ – $CO3^{6}$, ou seja, tais estudantes responderam os dois questionamentos da seguinte forma: primeiro, levando em consideração apenas a movimentação dos elétrons e segundo, observando a movimentação das cargas justificando-as a partir da observância das configurações uniformes do campo elétrico no fio metálico.

Tal combinação de respostas foi utilizada por doze (12) alunos sendo que, na avaliação trimestral, dois (2) deles responderam incorretamente a situação problema e dez (10) a responderam de forma correta.

Foi observada também, a combinação de resposta $CO2^{5}$ – $CO1^{6}$, ou seja, respostas que levam em consideração, em primeiro lugar, a movimentação dos elétrons ressaltando que tal movimentação não forma correte elétrica e em segundo, considerando apenas a movimentação das cargas. Esse tipo de resposta foi utilizada por cinco (5) alunos sendo que, na

avaliação trimestral, todos eles responderam corretamente a situação problema.

As combinações $CO1^5$ – $CO2^6$, $CO1^5$ – $CO5^6$ e $CO3^5$ – $CO3^6$ foram utilizadas como respostas três (3) vezes cada uma, ou seja, respostas que levam em consideração respectivamente: apenas a movimentação das cargas e depois a movimentação delas enfatizando que tais movimentos caracterizam uma corrente elétrica; apenas a movimentação dos elétrons e depois consideram tais movimentos como resultado de uma "força" que empurra as cargas e por fim, considerando nos dois questionamentos, a movimentação das partículas justificando tais movimentações a partir das configurações não uniforme e uniforme do campo elétrico.

Tais combinações de respostas foram utilizadas por um total de nove (9) alunos sendo que, na avaliação trimestral, sete (7) deles formularam respostas corretas, sendo uma incompleta, para a questão proposta e dois (2) formularam respostas incorretas.

As combinações $CO1^5$ – $CO6^6$, $CO2^5$ – $CO3^6$ e $CO3^5$ – $CO6^6$ foram observadas como combinações de respostas para as questões 01 & 03 duas (2) vezes cada uma. Tais respostas levam em consideração respectivamente: apenas a movimentação das cargas e depois a configuração uniforme do campo elétrico, porém, não mencionando o movimento das cargas; a movimentação dos elétrons justificando que os movimentos observados não caracterizam formação de correte elétrica e depois justificam tal movimentação a partir das configurações dos campos elétricos e por fim, consideram a movimentação das partículas justificando tais movimentações a partir das configurações não uniforme do campo para depois, considerar apenas a configuração uniforme do campo elétrico, porém, não mencionando o movimento das cargas.

Tais combinações de respostas foram utilizadas por um total de seis (6) alunos sendo que, na avaliação trimestral, cinco (5) responderam corretamente a questão proposta e um (1) formulou uma resposta incorreta.

As combinações $CO2^5$ – $CO2^6$, $CO2^5$ – $CO5^6$, $CO3^5$ – $CO2^6$, $CO4^5$ – $CO1^6$ e $CO4^5$ – $CO4^6$ foram observadas como combinações de respostas dos questionamentos principais das questões 01 & 03, uma (1) vez cada.

Tais combinações de respostas levam em consideração respectivamente: a movimentação das cargas reforçando que os movimentos observados não formam corrente na primeira simulação e formam corrente na segunda simulação; consideram também, o movimento dos elétrons enfatizando que tais movimentos não formam uma corrente para depois considerar as movimentações das cargas como sendo, o resultado da ação de uma "força" que empurra as partículas para um lado só; consideram ainda, os movimentos justificando os mesmos a partir das configurações não uniforme dos campos e depois considera os movimentos enfatizando que tal movimentação caracteriza uma corrente elétrica; consideram que a movimentação dos elétrons é causada pela ausência de DDP e depois enfatizam apenas o movimento organizado dos elétrons e por fim, consideram que a movimentação dos elétrons é causada no primeiro caso, pela ausência de DDP e no segundo caso, pelo estabelecimento de uma diferença de potencial entre dois pontos quaisquer do fio metálico.

Tais combinações de respostas foram utilizadas por um total de cinco (5) educandos sendo que, na avaliação trimestral, quatro (4) responderam corretamente a questão proposta e um (1) formulou uma resposta incorreta.

Para os dez (10) quadrantes cinza claro do Diagrama 01, observa-se que oito (8) educandos formularam combinações de respostas, para os principais questionamentos das questões 01 & 03 com uma das respostas incorreta, sendo que: sete (7) relacionam-se ao primeiro e uma (1) relaciona-se ao segundo. Desse total, tem-se que na avaliação trimestral: quatro (4) responderam a situação problema de forma correta e quatro (4) incorretamente.

Das quatro (4) respostas incorretas dadas na avaliação trimestral, todas se relacionam com a categoria $IN2^7$ que representa respostas com erros conceituais, porém, que diferenciam as duas situações propostas.

Por outro lado, das quatro (4) respostas consideradas corretas, todas se relacionam com a categoria $CO1^7$. Tal categoria representa respostas corretas e completas relacionadas à comparação dos movimentos dos elétrons nas duas situações em questão.

Para as dez (10) combinações possíveis de respostas parcialmente corretas, observou-se que foram utilizadas apenas cinco (5) combinações. Nesse sentido, a combinação mais comum observada foi $IN1^5$ – $CO1^6$, ou seja, tais alunos responderam os dois questionamentos primeiramente de forma incorreta para depois, responder o segundo formulando a resposta levando em consideração apenas à movimentação dos elétrons observados nas simulações e visualizações computacionais.

Tal combinação de respostas foi utilizada por três (3) estudantes sendo que, na avaliação trimestral, dois (2) alunos responderam corretamente a situação problema proposta e um (1) respondeu de forma incorreta.

Outra combinação de resposta observada no Diagrama 01 foi $IN1^5$ – $CO3^6$, ou seja, tais alunos responderam os dois questionamentos da seguinte forma: a primeira resposta foi formulada incorretamente, por outro lado, o segundo questionamento levou em consideração a movimentação das cargas justificando-as a partir da observância das configurações uniformes dos campos elétricos no fio metálico.

Tal combinação de respostas foi utilizada por dois (2) educandos sendo que, na avaliação trimestral, um (1) estudante respondeu incorretamente a situação problema e o outro aluno respondeu corretamente.

As combinações $IN1^5$ – $CO2^6$, $IN1^5$ – $CO5^6$ e $CO2^6$ – $IN1^6$ foram observadas, como combinações de respostas no roteiro de atividades, uma (1) vez cada. Tais combinações de respostas levam em consideração respectivamente: a primeira resposta como sendo incorreta e a segunda como resultado da movimentação das cargas reforçando que os movimentos observados formam corrente; consideram também, a primeira resposta sendo incorreta para depois considerar as movimentações das cargas como sendo, o resultado da ação de uma “força” que empurra as partículas para um lado só e

consideram ainda, os movimentos das cargas enfatizando que os mesmos não formam uma correte elétrica para depois responderem ao segundo questionamento de forma incorreta.

Tais combinações de respostas foram utilizadas por um total de três (3) alunos sendo que, na avaliação trimestral, um (1) respondeu corretamente a questão proposta e dois (2) formularam respostas incorretas.

Por fim, ainda relacionado ao mapeamento das variações de respostas observadas nas duas atividades escolares, tem-se que no único quadrante cinza escuro, um (1) aluno formulou as duas respostas de forma incorreta para os questionamentos das questões 01 & 03 do roteiro de atividades, ou seja, para tal estudante a combinação de resposta é $IN1^5$ – $IN1^6$. Porém, observa-se que na avaliação trimestral tal educando respondeu a situação problema de forma completa e correta.

No próximo capítulo serão apresentados, descritos e analisados os dados referentes à segunda parte da abordagem qualitativa dessa primeira parte do Estudo IV, ou seja, as configurações dos campos elétricos em um condutor metálico sem e com diferença de potencial (DDP) entre seus terminais.

Capítulo VI:

Análise dos Modelos Microscópicos de Campo Elétrico: *Uma Abordagem Qualitativa do Conteúdo*

6.1 – Introdução

Neste capítulo serão apresentadas as analises e discussões da segunda, de três partes, dos dados produzidos pela aplicação do *Módulo Educacional* da Atividade IV do Estudo Principal. Os resultados aqui expostos possuem novamente como fonte os dados produzidos pelas aplicações do *Roteiro de Atividades* e também, da *Avaliação Trimestral*.

6.2 – Analises do Segundo Bloco de Dados: Tabelas com Variáveis Qualitativas Categorizações e Frequências (Campos Elétricos)

Antes de apresentarmos efetivamente essa segunda parte de analise de dados cabe, nesse momento, apresentar um pouco da teoria elétrica dos corpos e também, quais foram os objetivos dessa parte específica do *Módulo Educacional* da Atividade IV.

Como foi visto no capítulo anterior, em um condutor metálico, os portadores de carga que podem produzir corrente elétrica são os elétrons. Porém, essa corrente só será estabelecida se esse condutor metálico estiver sujeito a uma Diferença de Potencial (DDP), Tensão ou Voltagem. De acordo com Xavier & Barreto (2010):

> "Quando os pontos A e B de um fio condutor são ligados a uma pilha, fica estabelecida uma diferença de potencial $\mathbf{U_{AB}}$, bem como um campo elétrico **E** entre esses pontos no interior do fio. Devido a esse campo elétrico, as cargas elétricas ficam sujeitas à força elétrica, que coloca essas cargas em um movimento ordenado. Nesse caso, as cargas negativas (elétrons) movem-se no sentido contrário ao do campo estabelecendo-se a corrente elétrica." (Xavier & Barreto, 2010, p. 92)

Dessa forma, em um fio metálico sujeito a uma diferença de potencial entre dois pontos quaisquer a resultante do campo elétrico é diferente de zero, ou seja, $\mathbf{E}_{\mathbf{Resultante}} \neq 0$. Nesse caso, tal campo consegue produzir uma força elétrica resultante sempre para a mesma direção e sentido que atua diretamente nos elétrons. Essa força faz com que os elétrons, independentemente de suas agitações térmicas, se desloquem sempre na mesma direção nesse caso, contrária a resultante do vetor campo elétrico.

Por outro lado, se o fio metálico não estiver sujeito a uma tensão entre dois pontos A e B quaisquer, a resultante do campo elétrico é igual à zero, ou seja, $\mathbf{E}_{\mathbf{Resultante}} = 0$. Assim, apesar de existir campo elétrico no interior do fio devido à presença de várias cargas no interior do material (elétrons e prótons), esses campos ao serem somados vetorialmente se anulam produzindo, no interior do fio metálico, uma resultante nula. Assim, os elétrons de movimentam de forma caótica devido, tanto a presença desses campos aleatórios quanto de suas agitações térmicas naturais.

A partir dessas ideias e conceitos de diferença de potencial e campos elétricos, pode-se dizer que essa parte da Atividade IV – questões 2 & 4 do Roteiro de Atividades (Apêndice B) – tiveram como objetivo trabalhar, a partir de simulações e visualizações computacionais, como são as configurações dos campos elétricos em um condutor metálico sem e com DDP. Em um segundo momento, em média seis (6) dias após o trabalho com esse *Módulo Educacional*, na questão 1, item b da Avaliação Trimestral (Apêndice C), tal temática foi novamente trabalhadas a partir de uma situação problema, porém, sem o uso de simulações e visualizações computacionais.

As tabelas 09, 09 (a), 10, 10 (a) e 11 referem-se à abordagens sobre as configurações dos campos elétricos de forma que, as quatro primeiras, são referentes ao módulo educacional (questões 2 e 4 do roteiro de atividades) e a última tabela refere-se à avaliação trimestral (questão 1, item b).

6.2.1 – Análises dos Dados Referentes às Configurações dos Campos Elétricos em um Condutor Metálico a Partir de Simulações e Visualizações Computacionais: sem e com Diferença de Potencial (DDP)

As Tabelas 09 & 09 (a), construídas a partir das respostas dadas pelos educandos para a segunda questão do roteiro de atividades, são dividas em duas partes. A primeira parte da Tabela 09 mostra uma representação visual e descrição sucinta dos dois primeiros modelos computacionais utilizados para que os estudantes formulassem respostas após, simulações e visualizações, para os seguintes questionamentos: ***Existe campo elétrico no interior do fio metálico? Porque esse campo não faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado?***

A primeira parte da Tabela 09 (a) mostra novamente, uma representação visual e descrição sucinta dos dois primeiros modelos computacionais que foram utilizados também, para que os estudantes formulassem representações (desenhos) após, simulações e visualizações, do campo elétrico no interior do metal. Nesse sentido, é importante enfatizar que após a proposição dos dois questionamentos supramencionados, era solicitado aos educandos que representassem as configurações dos campos elétricos observados nos modelos computacionais, da seguinte forma: ***Por fim, represente esse campo no quadro abaixo***.

As segundas partes das duas tabelas mostram uma organização, por categorias de respostas (Tabela 09) e representações (Tabela 09 (a)) formuladas pelos alunos para a questão 02 do roteiro de atividades. Em cada uma delas os símbolos ($\bullet_j$) representam um dos educandos, com **j** sendo um número inteiro que varia de 1 a 75. Também, são apresentadas as respectivas frequências e porcentagens das categorias e representações.

É importante destacar que os focos principais de analises dessa segunda parte dos dados são o segundo questionamento e as representações que os alunos fazem para o campo elétrico. Nessa direção, é importante mais uma vez esclarecer que o primeiro questionamento, *se existe campo no interior do fio metálico*, é automaticamente respondido pelo segundo. Contudo, sua

formulação foi feita no sentido de alertar aos alunos, que independente de existir ou não uma diferença de potencial (DDP) entre dois pontos quaisquer de um condutor metálico, existe campo elétrico no seu interior mesmo a sua resultante sendo nula, ou seja, $\mathbf{E}_{\mathbf{Resultante}} = \mathbf{0}$.

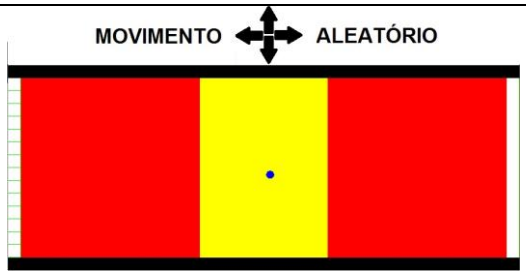
Pode-se ressaltar também, que as tabela 10 e 10 (a) apresentadas também nessa sessão, possui a mesma metodologia de apresentação de dados. Por outro lado, a Tabela 11, construída a partir da primeira questão, item b, da Avaliação Trimestral não possui nenhuma parte referente às visualizações e descrições de modelos computacionais e, as tabela 12 & 13 compilam ao final da seção as definições das categorias de respostas e representações descritas e analisas através das tabelas 09, 09 (a), 10, 10 (a). Por fim, mais uma vez, é importante destacar que em todas as tabelas, a sigla **CO** é a abreviatura de (**CO**rreta), por outro lado, a sigla (**IN**) abrevia a palavra (**IN**correta).

Na Tabela 09 da próxima página, no início de todas as categorias de respostas formuladas para a segunda questão do roteiro de atividades, é possível observar que todos os estudantes responderam *Sim* para o primeiro questionamento, qual seja: *Existe campo elétrico no interior do fio metálico?* Nesse sentido, é possível constatar que os educandos observaram através das simulações & visualizações computacionais ou através do fato dessa resposta não poder ser negativa, que existem campos elétricos no interior do condutor uma vez que existem cargas em seu interior e superfície.

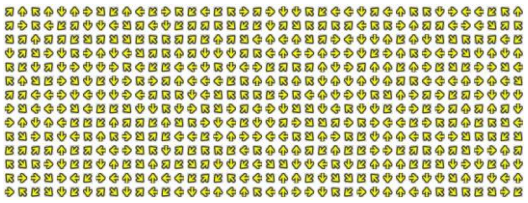
Em relação ao segundo questionamento: *Porque esse campo não faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado?* Primeiro foco de analise dessa questão. É possível perceber, a partir da Tabela 09, que as respostas dos setenta e cinco (75) estudantes puderam ser agrupadas em cinco (5) categorias distintas, denominadas de $CO1^9$, $CO2^9$, $CO3^9$, $IN1^9$ e $IN2^9$ respectivamente. Mais uma vez, o número 9 sobrescrito nas categorias significa que todas elas pertencem a Tabela 09 tal procedimento será adotado também nas tabelas 09 (a), 10, 10 (a) e 11 com o uso dos índices 9a, 10, 10a e 11 respectivamente.

Tabela 09: *Analise das Atividades da Segunda Questão do Roteiro de Atividades*

MODELOS COMPUTACIONAIS

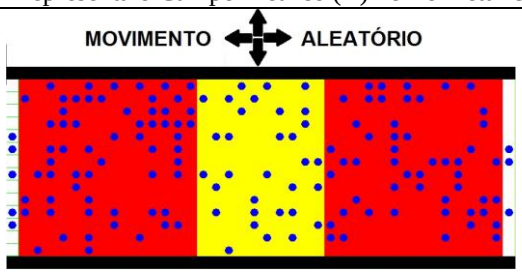


(A1)

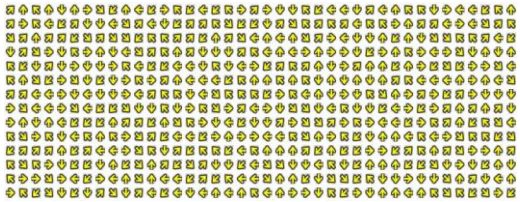


(A2)

O primeiro modelo computacional representado parcialmente na Figura A1 é totalmente hipotético, pois, no interior do fio metálico simulava-se um único elétron se movimentando de forma aleatória. A Figura A2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo tem direções e sentidos aleatórios.



(B1)



(B2)

O segundo modelo computacional representado parcialmente na Figura B1 se aproxima de uma situação real, pois, no interior do fio metálico vários elétrons se movimentavam de forma aleatória. A Figura B2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo tem direções e sentidos aleatórios.

CATEGORIAS DAS RESPOSTAS	**FREQUENCIA DAS RESPOSTAS**
CO1[9] *Sim,* **por que o campo elétrico** *a cada hora está numa direção ou posição diferente/é aleatório/a cada ponto aponta para uma direção diferente/é desordenado/não é uniforme/não ficam na mesma direção/gerados pelas cargas do próprio material do fio, mudam constantemente de direção, porque ele não está submetido à diferença de potencial elétrico em seus extremos/tem direções opostas/tem várias direções.*	●1 ●2 ●3 ●6 ●7 ●8 ●9 ●10 ●11 ●15 ●16 ●19 ●21 ●22 ●23 ●24 ●26 ●31 ●32 ●34 ●35 ●36 ●38 ●44 ●46 ●47 ●48 ●49 ●51 ●52 ●53 ●54 ●55 ●56 ●57 ●58 ●59 ●60 ●62 ●63 ●64 ●65 ●66 ●67 ●68 ●69 ●70 ●71 ●72 ●73 ●75 (51 ou 68%)
CO2[9] *Sim,* **por que o campo elétrico** *a cada ponto está direcionado a um ponto diferente/é aleatório/a cada instante a direção do campo é diferente/em cada parte do fio muda de direção/é aleatório e não forma uma DDP* **e assim,** *não dá para fazer os elétrons se deslocarem para o mesmo lugar/faz com que os elétrons fiquem desordenados/não tem como fazer um movimento ordenado/os elétrons não irão para uma mesma direção, ou seja, o movimento será aleatório/eles não conseguem formar uma corrente elétrica/os elétrons não tem um sentido único.*	●4 ●5 ●12 ●13 ●14 ●17 ●18 ●20 ●37 ●40 ●61 (11 ou ≈ 14,67%)
CO3[9] *Sim,* **porque o campo elétrico** *faz com que as cargas alterem seus sentidos frequentemente.*	●45 (1 ou ≈ 1,34%)
IN1[9] *Sim,* **por que os elétrons** *mudam de direção/a cada hora estão em uma direção diferente da outra/estão direcionados para lados diferentes/em cada ponto do metal vão para uma direção diferente/a cada hora tem uma posição diferente.*	●25 ●28 ●29 ●30 ●33 ●39 ●41 ●42 (8 ou ≈ 10,67%)
IN2[9] *Sim,* **porque** *vai sempre em uma direção/ ele é neutro assim, não haverá corrente positiva ou negativa/cada ponto aponta para um lado, sendo positivo e negativo/ o próprio campo não tem movimento uniforme, são movimentos aleatórios .*	●27 ●43 ●50 ●74 (4 ou 5,34%)

[1] *Para uma melhor apresentação dos dados as representações dos Campos Elétricos (E) feitos pelos alunos serão apresentadas em uma tabela complementar, Tabela_09a.*

Na categoria CO1[9] foram reunidas todas as respostas que versavam única e exclusivamente, sobre o fato das configurações dos campos elétricos, no interior do condutor metálico, terem as características de estarem em *direções ou "posições" diferentes; aleatórias; desordenadas; não uniformes;* dentre outras denominações e, por essa razão, não se observa o movimento ordenado das cargas. Tal categoria de resposta foi formulada por cinquenta e um (51) estudantes, ou seja, 68% das respostas.

Na categoria CO2[9], as respostas se referem também sobre o fato das configurações dos campos elétricos, no interior do condutor metálico, serem *diferentes; aleatórias;* porém, enfatizando que essas características de configuração de campo, não são capazes de fazer com que os elétrons se desloquem para o mesmo lado. Nesse sentido, as argumentações são, por exemplo: *não dá para fazer os elétrons se deslocarem para o mesmo lugar; faz com que os elétrons fiquem desordenados; não tem como fazer um movimento ordenado* dentre outras argumentações. Essa estrutura de resposta foi utilizada por onze (11) estudantes, ou seja, aproximadamente 14,67% dos alunos.

Para a categoria CO3[9] observou-se uma única resposta. Tal resposta foi estruturada pelo educando sem caracterizar explicitamente as configurações dos campos, porém, mencionando/enfatizando o fato do campo ser capaz de alterar frequentemente o sentido dos movimentos das cargas. Essa estrutura de resposta foi observada para um (1) aluno, ou seja, aproximadamente 1,34% dos educandos.

Como nessas duas primeiras simulações e visualizações computacionais os campos possuem direções e sentidos distintos em cada ponto do espaço do fio, os elétrons também se movimentariam em direções e sentidos distintos. Nessa direção, é importante enfatizar que os movimentos aleatórios ou desordenados dos elétrons em um condutor metálico são o resultado tanto dos campos elétricos, quanto da agitação térmica das partículas, porém, nesses dois modelos computacionais optou-se por não se enfatizar o aspecto da temperatura durante o desenvolvimento das atividades escolares.

As três (3) primeiras categorias de respostas podem ser classificadas como corretas, satisfatórias ou esperadas, pois, todos esses estudantes

responderam que nos modelos computacionais, simulados e visualizados, observam-se características, na configuração do campo elétrico, para não se formar uma corrente elétrica, ou seja, as cargas se deslocando aleatoriamente pelo metal.

Tais categorias de respostas usaram basicamente a mesma justificativa para caracterizar porque no condutor metálico modelado as cargas não se deslocam para o mesmo lado. Tal argumentação está pautada principalmente na observância das configurações desordenadas ou aleatórias dos campos elétricos no interior do fio, excetuando-se a categoria $CO3^9$ que se pautou com maior ênfase na observância das movimentações das cargas a partir do campo simulado para o condutor metálico. Dessa forma, um total de sessenta e cinco (65) educandos responderam corretamente ao segundo questionamento da questão 02 do roteiro de atividade, ou seja, aproximadamente 86,67%.

Por outro lado, a categoria $IN1^9$, as respostas foram estruturadas sem levar em consideração ou sequer mencionar os campos elétricos enfatizando, de forma correta, apenas a movimentações observadas para as cargas, ou seja, respondendo que os elétrons: *mudam de direção; a cada hora estão em uma direção diferente da outra; estão direcionados para lados diferentes* dentre outras respostas. Tal estrutura de resposta foi formulada por oito (8) alunos, ou seja, aproximadamente 10,67% deles. Apesar das respostas estarem corretas no que concerne à movimentação das partículas elas, não estão direcionadas para a descrição das características das configurações dos campos elétricos.

Na categoria $IN2^9$ as respostas apresentam justificativas que parecem não estarem pautadas nas observações das dinâmicas dos dois primeiros modelos computacionais, pois, não possuem descrições corretas das simulações feitas nessa parte da atividade. Para essa categoria de respostas, existe um total de quatro (4) alunos, ou seja, aproximadamente 5,33%. Essas respostas possuem em suas formulações erros como: *vai sempre em uma direção; ele é neutro assim, não haverá corrente positiva ou negativa; cada ponto aponta para um lado, sendo positivo e negativo* ou ainda, *o próprio campo não tem movimento uniforme, são movimentos aleatórios*.

Dessa forma, um total de dez (10) educandos responderam incorretamente ao segundo questionamento da questão 02 do roteiro de atividade, ou seja, aproximadamente 13,33%.

É importante destacar que nesses dois primeiros modelos, as dinâmicas simulam representações apenas dos movimentos desordenados dos elétrons e as respectivas configurações estáticas dos campos elétricos no interior do condutor metálico que não está sujeito a uma DDP. Nesse sentido, essa pequena parte dos educandos parecem não ter conseguido descrever e/ou interpretar de forma satisfatória esses modelos computacionais e essas duas últimas categorias de respostas podem ser classificadas como incorretas; inesperadas ou insatisfatórias.

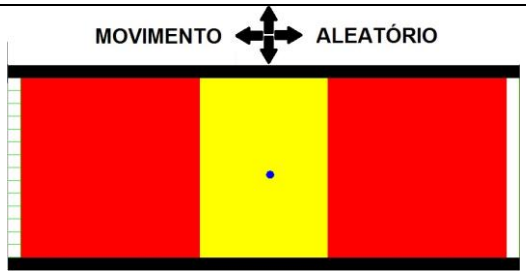
Após os estudantes responderem aos dois questionamentos era pedido na própria questão 02 do roteiro de atividades, que eles representassem as configurações dos campos elétricos observadas por eles durante as simulações e visualizações dos modelos computacionais. Tais representações estão explicitadas na Tabela 09 (a) da próxima página, juntamente com suas respectivas frequências e porcentagens de ocorrências.

Na tabela da próxima página, é possível perceber que as representações (desenhos), dos setenta e cinco (75) estudantes, para as configurações dos campos elétricos puderam ser agrupadas em quatro (4) categorias diferentes denominadas: $CO1^{9a}$, $CO2^{9a}$, $IN1^{9a}$ e $IN2^{9a}$ respectivamente. Ou seja, duas categorias de representações consideradas corretas, esperadas ou satisfatórias e duas consideras incorretas, inesperadas ou insatisfatórias.

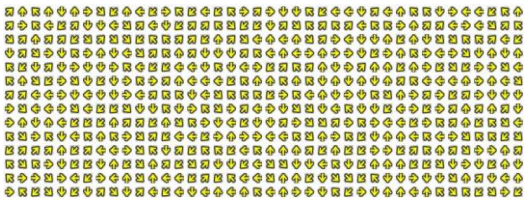
Na categoria $CO1^{9a}$ foram reunidas todas as representações que caracterizavam de forma correta, porém, única e exclusivamente, as configurações dos campos elétricos no interior do fio metálico. Tal caracterização mostra “setas/flechas/vetores” dos campos elétricos em vários pontos do espaço dentro do fio dispostos de forma aleatória. Essa categoria de representação foi formulada por sessenta e cinco (65) estudantes, ou seja, aproximadamente 86,67%.

Tabela 09 (a): *Analise das Atividades da Segunda Questão do Roteiro de Atividades*

MODELOS COMPUTACIONAIS

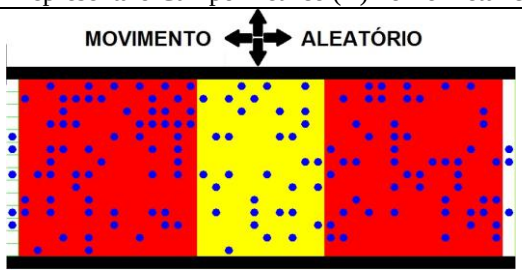


(A1)

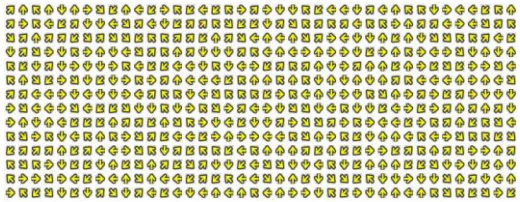


(A2)

O primeiro modelo computacional representado parcialmente na Figura A1 é totalmente hipotético, pois, no interior do fio metálico simulava-se um único elétron se movimentando de forma aleatória. A Figura A2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo tem direções e sentidos aleatórios.

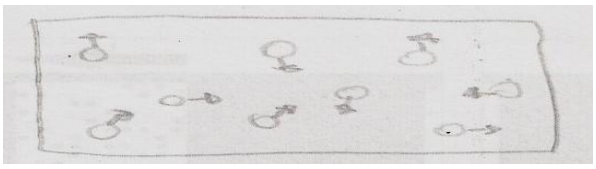
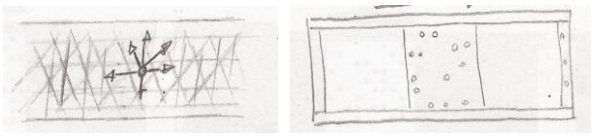


(B1)



(B2)

O segundo modelo computacional representado parcialmente na Figura B1 se aproxima de uma situação real, pois, no interior do fio metálico vários elétrons se movimentavam de forma aleatória. A Figura B2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo tem direções e sentidos aleatórios.

CATEGORIAS DAS REPRESENTAÇÕES	**FREQUENCIA DAS REPRESENTAÇÕES**
CO1[9a] Representação apenas do Campo Elétrico (**E**): *Exemplar do Aluno_04*	●1 ●2 ●3 ●4 ●5 ●6 ●7 ●8 ●9 ●10 ●11 ●13 ●14 ●15 ●16 ●18 ●19 ●20 ●23 ●24 ●25 ●26 ●27 ●28 ●29 ●30 ●31 ●32 ●33 ●35 ●36 ●37 ●38 ●39 ●41 ●42 ●43 ●45 ●46 ●48 ●49 ●51 ●52 ●54 ●55 ●56 ●57 ●58 ●59 ●60 ●61 ●62 ●63 ●64 ●65 ●66 ●67 ●68 ●69 ●70 ●71 ●72 ●73 ●74 ●75 (65 ou ≈ 86,7%)
CO2[9a] Representação do Campo Elétrico (**E**) e das Cargas Elétricas (q) ou elétrons:  *Exemplar do Aluno_12*	●*12* ●*17* ●*21* ●*22* ●*40* (5 ou ≈ 6,7%)
IN1[9a] Representações Incorretas:  *Exemplares Alunos_34 & 44 Respectivamente*	●*34* ●*44* (2 ou ≈ 2,67%)
IN2[9a] Não fizeram nenhuma representação	●*47* ●*50* ●*53* (3 ou 4%)

Na categoria CO2[9a] foram reunidas todas as representações que caracterizavam as configurações desordenadas dos campos elétricos no interior do fio metálico e também as cargas elétricas ou elétrons em seu interior e superfície. Tal caracterização mostra uma combinação de "setas/flechas/vetores" juntamente com as partículas "círculos" em vários pontos do espaço dentro do fio. Essa categoria de representação foi formulada por cinco (5) estudantes, ou seja, aproximadamente 6,67%.

Tais categorias de respostas usaram representações com vetores e cargas elétricas para caracterizar como é a configuração do campo elétrico em um condutor que não está submetido a uma diferença de potencial. Tais representações estão pautadas exclusivamente na observância, a partir das simulações e visualizações, das configurações desordenadas ou aleatórias dos campos elétricos no interior do fio. Dessa forma, um total setenta (70) educandos representaram corretamente tais campos no fio metálico, ou seja, aproximadamente 93,33%.

Por outro lado, a categoria IN1[9a] reúne as representações que podem ser classificadas como incorretas; inesperadas e/ou insatisfatórias, pois, não caracterizam, de acordo com o modelo computacional, como são as configurações dos campos dentro do metal. Para tal categoria, existe um total de dois (2) alunos, ou seja, aproximadamente 2,66%.

Na categoria IN2[9a] reúne os educandos que não fizeram nenhuma representação para caracterizar as configurações dos campos elétricos no fio metálico. Para tal categoria, existe um total de três (3) educandos, ou seja, 4%. Por fim, esses cinco (5) educandos parecem não terem conseguido, durante a atividade escolar, interpretar e representar como os campos elétricos no fio metálico se organizam quando o metal não está sujeito a uma tensão.

As Tabelas 10 e 10 (a), apresentadas nas próximas páginas, foram construídas a partir das respostas dadas pelos alunos para a quarta questão do roteiro de atividades e são também divididas em duas partes. A primeira parte, em ambas as tabelas, mostram representações visuais e descrições sucintas do terceiro e quarto modelos computacionais utilizados na atividade.

Porém, a segunda parte da Tabela 10, expõe as categorias de respostas formuladas pelos estudantes, após simulações e visualizações, para os questionamentos: ***Existe campo elétrico no interior do fio metálico? Porque esse campo agora faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado?***

Por outro lado, a segunda parte da Tabela 10 (a) mostra as representações estruturadas pelos alunos para a caracterização do campo elétrico no interior do condutor metálico suas frequências de ocorrência e porcentagens.

Mas uma vez, os focos de analises dessas duas tabelas são o segundo questionamento (Tabela 10), pois, o primeiro é automaticamente respondido pelo segundo e também, as representações de campos desenvolvidas pelos educandos (Tabela 10 (a)).

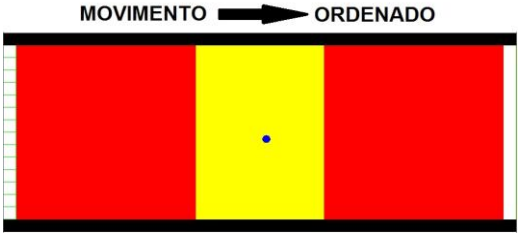
Assim, observa-se que com exceção de um único estudante, todas as categorias de respostas formuladas para essa quarta questão, os educandos responderam *Sim* para o primeiro questionamento. Nesse sentido, constata-se mais uma vez que a quase totalidade dos alunos observaram através das simulações & visualizações computacionais ou através do fato dessa resposta não poder ser negativa, que existem campos elétricos no interior do fio independente de existir ou não uma tensão estabelecida entre seus terminais.

Em relação ao segundo questionamento, um dos focos principais de analise, é possível perceber que as respostas dos setenta e cinco (75) estudantes puderam ser agrupadas agora em seis (6) categorias distintas, denominadas de $CO1^{10}$, $CO2^{10}$, $CO3^{10}$, $IN1^{10}$, $IN2^{10}$ e $IN3^{10}$ respectivamente, ou seja, uma categoria a mais quando se compara com a Tabela 09.

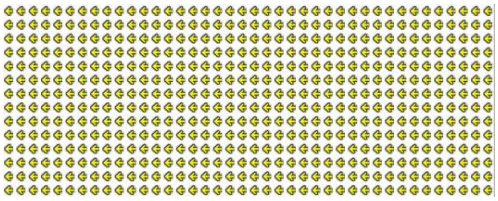
Nesse sentido, é importante destacar que as duas primeiras estruturas de respostas das duas tabelas possuem correspondência similar; já a categoria $CO3^{9}$ e $CO3^{10}$ não possuem essa mesma correspondência de similaridade sendo assim, estruturas distintas. Por outro lado, as duas primeiras categorias dessa tabela, consideradas incorretas ou inesperadas, quais sejam: $IN1^{10}$ e $IN2^{10}$ são similares as $IN1^{9}$ e $IN2^{9}$ da Tabela 09. Por fim, a categoria $IN3^{10}$ é uma nova estrutura nesse caso, de resposta em branco.

Tabela 10: *Analise das Atividades da Quarta Questão do Roteiro de Atividades*

.MODELOS COMPUTACIONAIS

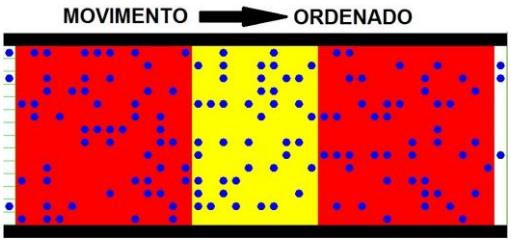


(C1)

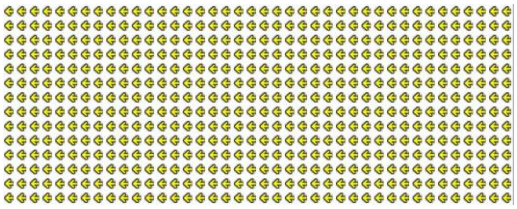


(C2)

O terceiro modelo computacional representado parcialmente na Figura C1 também é totalmente hipotético, pois, no interior do fio metálico simulava-se um único elétron se movimentando de forma ordenada da esquerda para a direita. A Figura C2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo agora têm direções e sentidos constantes.



(D1)



(D2)

O quarto modelo computacional representado parcialmente na Figura D1 se aproxima de uma situação real, pois, no interior do fio metálico vários elétrons se movimentavam de forma ordenada da esquerda para a direita. A Figura D2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo agora têm direções e sentidos constantes.

CATEGORIAS DAS RESPOSTAS	**FREQUENCIA DAS RESPOSTAS**
CO1[10] *Sim,* **porque o campo elétrico** *está sempre na mesma direção/está ordenado/possui em cada ponto direções iguais/está apontando na mesma direção/tem uma direção fixa/é uniforme/está ordenado apontando para o lado contrário ao movimento das cargas.*	●1 ●3 ●5 ●7 ●8 ●9 ●11 ●12 ●14 ●15 ●16 ●17 ●18 ●21 ●22 ●23 ●25 ●28 ●29 ●30 ●31 ●34 ●35 ●36 ●37 ●38 ●39 ●40 ●41 ●44 ●45 ●46 ●48 ●49 ●51 ●57 ●58 ●59 ●60 ●61 ●62 ●63 ●65 ●66 ●67 ●68 ●69 ●70 ●71 ●72 ●73 ●75 (52 ou ≈ 69,34%)
CO2[10] *Sim,* **porque o campo elétrico** *está na mesma direção/está todo para o mesmo lado/é uniforme* **e assim o movimento dos elétrons/cargas/bolinhas azuis,** *vão para uma direção só, movimento ordenado/ vão para o mesmo lado/ sempre estarão na mesma direção/ se movimentaram uniformemente/ seguem sempre para o mesmo lado e se estabelece uma corrente elétrica/ vão para o mesmo lado/vão em sentido contrário ao do campo.*	●2 ●6 ●20 ●26 ●33 ●42 ●43 ●50 ●52 ●64 (10 ou ≈ 13,34%)
CO3[10] *Sim,* **porque o campo elétrico** *é uniforme, está na mesma direção,* **por outro lado, o campo elétrico da situação anterior** *era aleatório indo em várias direções.*	●24 (1 ou ≈ 1,34%)
IN1[10] *Sim,* **porque os elétrons** *tem um movimento para a mesma direção, ou seja, um movimento ordenado/se deslocam para a mesma direção, formando uma corrente elétrica/se movimentam de forma ordenada/estão caminhando na mesma direção.*	●4 ●13 ●19 ●32 ●54 ●55 ●56 (7 ou ≈ 9,34%)
IN2[10] *Sim,* **porque** *o movimento da direção em um só/o fio metálico em várias direções e o outro não tinha fio metálico/o movimento do campo elétrico é ordenado/a corrente elétrica empurra os elétrons de forma ordenada.*	●10 ●27 ●53 ●74 (4 ou ≈ 5,34%)
IN3[10] **Não Respondeu**	●47 (1 ou ≈ 1,34%)

[2] *Para uma melhor apresentação dos dados a representação dos campos elétricos feitos pelos alunos serão apresentadas em uma tabela complementar: Tabela09a.*

Dessa forma, na categoria CO1[10] foram reunidas todas as respostas que versavam única e exclusivamente, sobre o fato das configurações dos campos elétricos, no interior do condutor metálico, terem as características de estarem: *sempre na mesma direção; ordenados; em direções iguais* dentre outras caracterizações e, por essa razão, observa-se o movimento ordenado das partículas. Tal categoria de resposta foi formulada por cinquenta e dois (52) estudantes, ou seja, aproximadamente 69,34% das respostas.

Essa estrutura de resposta é similar à categoria CO1[9], ou seja, justificar a resposta levando em consideração apenas às características de configuração de campo elétrico observadas nas simulações e visualizações computacionais sendo que, no primeiro caso as configurações são desordenadas e no segundo caso, tais configurações são ordenadas.

Para a categoria CO2[10], as respostas se referem também sobre o fato da configuração dos campos elétricos no interior do condutor metálico, serem *na mesma direção; todas para o mesmo lado e uniformes*; porém, enfatizando que essas características de configuração de campo, fazem com que os elétrons se desloquem para o mesmo lado. Nesse sentido, as argumentações são, por exemplo: *os elétrons vão para uma direção só, movimento ordenado; vão para o mesmo lado; sempre estarão na mesma direção* dentre outras. Essa estrutura de resposta foi utilizada por dez (10) estudantes, ou seja, aproximadamente 13,34%. Tal categoria também é similar à estrutura de resposta CO2[9] sendo que, no primeiro caso o movimento é desordenado e no segundo caso, o movimento é ordenado.

Para a categoria CO3[10] observou-se uma única resposta. Tal resposta foi estruturada pelo estudante a partir das configurações dos campos elétricos observadas nos dois últimos modelos em comparação aos dois primeiros modelos computacionais. Nesse sentido, argumentou-se que o campo elétrico: *é uniforme, está na mesma direção* e na situação anterior o campo *era aleatório, indo em várias direções*. Essa estrutura de resposta foi observada para um (1) educando, ou seja, aproximadamente 1,34% dos educandos. Tal estrutura de resposta não possui similaridade com nenhuma outra categoria de resposta descrita na Tabela 09.

Como essas duas últimas simulações e visualizações computacionais os campos possuem direções e sentidos uniformes, para cada ponto do espaço do fio, os elétrons também se movimentariam em direções e sentidos únicos. Assim, é importante enfatizar que os movimentos ordenados dos elétrons em um condutor metálico são o resultado da atuação da força elétrica que surge nas cargas a partir do campo que, para essas simulações não apresentam mais resultante igual à zero (0).

Essas três (3) primeiras categorias de respostas podem ser classificadas como corretas, satisfatórias ou esperadas, pois, todos esses estudantes responderam que nos modelos computacionais, simulados e visualizados, observaram-se características, no campo elétrico, para se formar uma corrente elétrica, ou seja, as cargas se deslocando ordenadamente.

Tais categorias de respostas usaram basicamente a mesma justificativa para caracterizar porque no condutor metálico modelado as cargas não se deslocam para o mesmo lado. Tal argumentação está pautada principalmente na observância das configurações ordenadas e uniformes dos campos elétricos no interior do fio. Dessa forma, um total de sessenta e três (63) educandos responderam corretamente os dois primeiros questionamentos da questão 04 do roteiro de atividade, ou seja, 84%.

Por outro lado, na categoria $IN1^{10}$, as respostas foram estruturadas novamente sem levar em consideração as configurações dos campos elétricos ou, sequer menciona-los enfatizando, de forma correta, apenas a movimentações observadas para as cargas, ou seja, respondendo que os elétrons: *tem um movimento para a mesma direção, ou seja, movimento ordenado; se deslocam para a mesma direção, formando uma corrente elétrica;* dentre outras respostas. Tal estrutura de resposta foi formulada por sete (7) estudantes, ou seja, aproximadamente 9,34% deles. Apesar das respostas, mais uma vez, estarem corretas no que concerne à movimentação das partículas elas, não estão direcionadas para a descrição das características dos campos elétricos. Tal estrutura de resposta é similar à categoria $IN1^{9}$.

As categorias $IN2^{10}$ e $IN3^{10}$ reúnem respectivamente justificativas que parecem não estarem pautadas nas observações das dinâmicas dos dois últimos modelos computacionais simulados e visualizados e também, respostas

em branco. Para essas categorias de respostas, existe um total de cinco (5) alunos, ou seja, aproximadamente 6,67%.

Especificamente na categoria $IN2^{10}$ as respostas possuem formulações errôneas, tais como: *o movimento da direção em um só; o fio metálico em várias direções e o outro não tinha fio metálico; o movimento do campo elétrico é ordenado* e, *a corrente elétrica empurra os elétrons de forma ordenada*. É importante destacar que nesses modelos computacionais, as dinâmicas simulam representações apenas dos movimentos ordenados dos elétrons e as respectivas configurações uniformes e estáticas dos campos elétricos no interior do condutor metálico sujeito a uma tensão. Nesse sentido, tais educandos parecem não ter conseguido descrever ou interpretar de forma satisfatória esses modelos computacionais. Tal categoria de resposta é similar à categoria $IN2^{9}$.

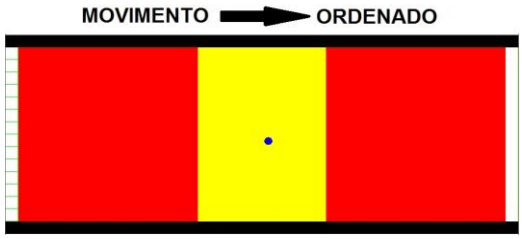
Para a categoria $IN3^{10}$ reúne respostas em branco que, para essa parte da atividade, foi observada apenas para um (1) dos setenta e cinco (75) alunos, ou seja, aproximadamente 1,34% deles. Nas tabelas anteriores não foi observado respostas em branco. Por fim, essas três últimas categorias podem ser classificadas como incorretas; inesperadas e/ou insatisfatórias e representam doze (12) educandos, ou seja, 16% deles.

Mais uma vez, após os estudantes responderem aos dois questionamentos da questão 04 do roteiro de atividades, pediu-se a eles uma representação das configurações dos campos elétricos observadas durante as simulações e visualizações dos dois últimos modelos computacionais. Tais representações estão explicitadas na Tabela 10 (a) da próxima página, juntamente com suas respectivas frequências e porcentagens de ocorrências ou observâncias.

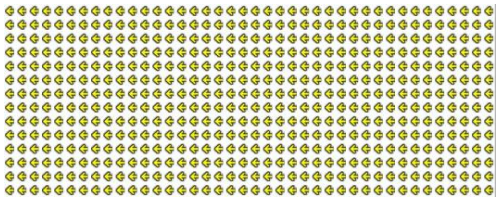
Como pode ser observado, é possível perceber que as representações (desenhos), dos setenta e cinco (75) estudantes, para as configurações dos campos elétricos puderam agora, serem agrupadas em cinco (5) categorias diferentes ou distintas denominadas de: $CO1^{10a}$, $CO2^{10a}$, $IN1^{10a}$, $IN2^{10a}$ e $IN3^{10a}$ respectivamente.

Tabela 10 (a)*: Analise das Atividades da Quarta Questão do Roteiro de Atividades*

MODELOS COMPUTACIONAIS

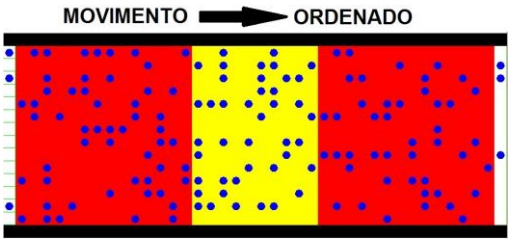


(C1)

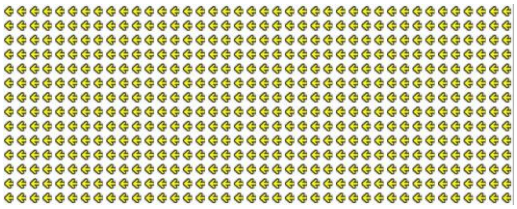


(C2)

O terceiro modelo computacional representado parcialmente na Figura C1 também é totalmente hipotético, pois, no interior do fio metálico simulava-se um único elétron se movimentando de forma ordenada da esquerda para a direita. A Figura C2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo agora têm direções e sentidos constantes.

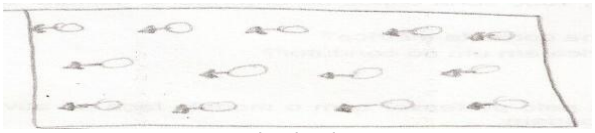
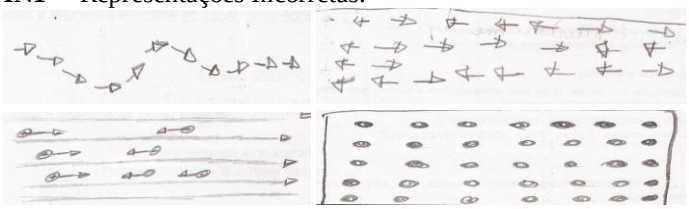
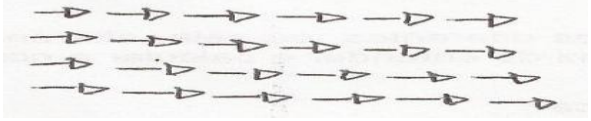


(D1)



(D2)

O quarto modelo computacional representado parcialmente na Figura D1 se aproxima de uma situação real, pois, no interior do fio metálico vários elétrons se movimentavam de forma ordenada da esquerda para a direita. A Figura D2 representa o Campo Elétrico (**E**) no fio metálico, esse campo agora têm direções e sentidos constantes.

CATEGORIAS DAS REPRESENTAÇÕES	**FREQUENCIA DAS REPRESENTAÇÕES**
CO1[10a] Representação apenas do Campo Elétrico (**E**): *Exemplar do Aluno_43*	●5 ●9 ●10 ●13 ●14 ●15 ●18 ●19 ●20 ●25 ●26 ●28 ●30 ●32 ●33 ●35 ●36 ●37 ●38 ●41 ●42 ●43 ●44 ●45 ●46 ●48 ●49 ●50 ●51 ●55 ●60 ●61 ●63 ●65 ●68 ●69 ●71 ●72 ●73 ●74 (40 ou ≈ 53,34%)
CO2[10a] Representação do Campo Elétrico (**E**) e das Cargas Elétricas (q) ou elétrons:  *Exemplar do Aluno_12*	●12 ●17 ●22 (3 ou 4%)
IN1[10a] Representações Incorretas: 	●1 ●3 ●7 ●16 ●21 ●24 ●27 ●34 ●52 ●53 ●64 (11 ou ≈ 14,67%)
IN2[10a] Não fizeram nenhuma representação	●2 ●31 ●39 ●40 ●47 (5 ou ≈ 6,67%)
IN3[10a] Representação do apenas Campo Elétrico (**E**), porém, com o sentido oposto do simulado:  *Exemplar do Aluno_23*	●4 ●6 ●8 ●11 ●23 ●29 ●54 ●56 ●57 ●58 ●59 ●62 ●66 ●67 ●70 ●75 (16 ou ≈ 21,32%)

Dessa forma, existem duas categorias de representações consideradas corretas ou satisfatórias e três consideras incorretas ou insatisfatórias. Nesse sentido, $CO1^{10a}$, $CO2^{10a}$, $IN1^{10a}$, $IN2^{10a}$ são similares as essas mesmas categorias na Tabela 09 (a) e a categoria $IN3^{10a}$ é uma nova categoria de representação observada.

Como pode ser visto na Tabela 10 (a), na categoria $CO1^{10a}$ foram reunidas todas as representações que caracterizavam, única e exclusivamente, as configurações dos campos elétricos no interior do fio metálico. Tal caracterização mostra "setas/flechas/vetores" dos campos elétricos em vários pontos do espaço dentro do fio dispostos de forma ordenada nesse caso, com sentidos da direita para a esquerda. Essa categoria de representação foi formulada por quarenta (40) alunos, ou seja, aproximadamente 53,34% deles.

Na categoria $CO2^{10a}$ foram reunidas todas as representações que caracterizavam as configurações dos campos elétricos no interior do fio metálico e também as cargas elétricas ou elétrons em seu interior e superfície. Tal caracterização mostra uma combinação de "setas/vetores" sempre no sentido da direita para a esquerda, juntamente com as "bolinhas" cargas elétricas em vários pontos do espaço dentro do fio. Essa categoria de representação foi formulada por três (3) educandos, ou seja, 4%.

Tais categorias de respostas usaram representações com setas/flechas/vetores e cargas elétricas para caracterizar como é a configuração do campo elétrico em um condutor que está sujeito a uma tensão. Tais representações estão pautadas exclusivamente na observância, a partir das simulações e visualizações, das configurações ordenadas ou uniformes dos campos elétricos no interior do fio. Dessa forma, um total quarenta e três (43) alunos representaram corretamente os campos no fio metálico, ou seja, aproximadamente 57,34%.

Por outro lado, a categoria $IN1^{10a}$ reúne as representações que podem ser classificadas como incorretas; inesperadas e/ou insatisfatórias, pois, não caracterizam, de acordo com o modelo computacional, como são as configurações dos campos dentro do metal. Para tal categoria, existe um total de dezesseis (16) estudantes, ou seja, aproximadamente 21,33% o que é um

aumento considerável se compararmos esse número com o da sua categoria similar da Tabela 09 (a).

Na categoria $IN2^{10a}$ reúne os educandos que não fizeram nenhuma representação para caracterizar as configurações dos campos elétricos no fio metálico. Para tal categoria, existe um total de cinco (5) alunos, ou seja, aproximadamente 6,67%.

A categoria $IN3^{10a}$ reúne todas as representações que caracterizavam, única e exclusivamente, as configurações dos campos elétricos no interior do fio metálico. Tais caracterizações mostram “setas/flechas/vetores” dos campos elétricos em vários pontos do espaço no fio dispostos de forma ordenada, porém, com o sentido inverso do que foi simulado e visualizado nos modelos computacionais, ou seja, da esquerda para a direita (sentido correto seria da direita para a esquerda). Essa categoria de representação foi formulada por dezesseis (16) alunos, ou seja, aproximadamente 21,33%.

Dessa forma, os alunos relacionados às categorias $IN1^{10a}$ e $IN2^{10a}$ parecem não ter conseguido, durante a atividade escolar, interpretar e representar como os campos elétricos no fio metálico se organizam quando o metal está sujeito a uma tensão. Por outro lado, para os alunos da categoria $IN3^{10a}$ é possível indagar que talvez, eles tiveram sucesso em, a partir dos modelos computacionais, interpretar de forma totalmente correta como são as configurações dos campos elétricos simulados e visualizados nos modelos computacionais, porém, quando fizeram tal representação no papel inverteram os sentidos dos vetores. Por fim, somando-se $IN1^{10a}$, $IN2^{10a}$ e $IN3^{10a}$ tem-se que um total de trinta e dois (32) alunos, ou seja aproximadamente 42,67% representaram tais campos de forma incorreta e insatisfatória.

A Tabela 11 da próxima página foi construída a partir das respostas dadas pelos alunos para a primeira questão (item b) da avaliação trimestral. Tal tabela, também é estruturada em duas partes. A primeira mostra a descrição da situação problema que os alunos responderam, relativa à configuração dos campos elétricos em um condutor metálico. Especificamente, relacionada à comparação das características desses campos, em um fio metálico, sem e com diferença de potencial (DDP) entre dois pontos quaisquer.

Tabela 11*: Analise das Atividades da Avaliação Trimestral – Questão 1 item b*

Imagine dois fios metálicos, um que está ligado aos terminais de uma bateria e o outro não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, a partir dessas informações responda o que se pede: *Qual é a diferença em relação à CONFIGURAÇÃO DO CAMPO ELÉTRICO no fio ligado a bateria, quando comparado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?*

CATEGORIAS DAS RESPOSTAS	FREQUENCIA DAS RESPOSTAS
CO1[11] No fio que está ligado a bateria, a configuração do campo elétrico: *possui apenas um único sentido/ é fixa em uma direção / é ordenada/ é uniforme, ou seja, todos os pontos terão a mesma direção e sentido/ tem uma ordem, um lado a seguir*. **E, por outro lado, no fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico a configuração do campo:** *é aleatória /não tem ordem e os elétrons vagam sem rumo/aponta para direções diferentes/não é uniforme/ é desordenada/ é confusa/aponta para várias direções/.*	●8 ●9 ●16 ●18 ●21 ●23 ●34 ●36 ●47 ●49 ●56 ●58 ●60 ●64 ●65 ●67 ●71 ●72 ●74 (19 ou ≈ 25,34%)
CO2[11] No fio que está ligado a bateria, a configuração do campo elétrico: *terá uma direção determinado/voltada a uma mesma direção*.	●52 ●70 (2 ou ≈ 2,67%)
IN1[11] No fio que está ligado a bateria, os elétrons/cargas: *andam em uma só direção e formam corrente elétrica/ vão na mesma direção/terão movimentos ordenados/ se movimentam de forma linear/são conduzidos para o mesmo lado.* **E, por outro lado, no fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, os elétrons/cargas:** *não formam corrente elétrica e seus elétrons ficam indo para várias direções /ficam vagando sem direção/ tem direções distintas/terão movimentos desordenados/tem direções opostas/são livres.*	●7 ●25 ●28 ●29 ●30 ●32 ●43 ●48 ●50 ●51 ●53 ●54 ●63 ●69 ●73 ●75 (16 ou ≈ 21,34%)
IN2[11] No fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, os elétrons/cargas: *ficam em direções desordenadas/andariam de forma desordenada, pois, não existe corrente*.	●57 ●66 (2 ou ≈ 2,67%)
IN3[11] No fio que está ligado a bateria: *ocorre uma carga q/seus elétrons serão estáveis/o campo tem sentido/o campo elétrico vai em um sentido/uma força empurra os elétrons/o campo elétrico mantém os elétrons em uma só ordem/os elétrons se organizam/o campo é puntiforme/emite mais carga/os elétrons estão em movimento constante... /está recebendo uma carga que faz com que o campo elétrico mova os elétrons para uma só direção/os elétrons vão andar em diversas direções*. **E, por outro lado, no fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico:** *não* tem essa reação/seus elétrons serão aleatórios/o campo não possui sentido/o elétrico se movimenta aleatoriamente/não há corrente, pois, os elétrons não formam um campo/os elétrons se movimentam aleatoriamente/o campo é uniforme/emite menos cargas/os elétrons estão parados/não gera carga elétrica/os elétrons são livres.	●2 ●5 ●6 ●10 ●12 ●13 ●14 ●20 ●22 ●33 ●45 ●55 ●59 ●61 (14 ou ≈ 18,67%)
IN4[11] *Um vai ordenado para a direita e o outro desordenado para a esquerda/quando o fio não está ligado ao campo elétrico o movimento é desordenado, mas, o campo tem energia/o potencial e a carga elétrica/a energia é desordenada mudando de direção várias vezes/o campo elétrico é uniforme e forma uma corrente elétrica entre os elétrons/o que está ligado ao campo elétrico será uma carga maior em relação ao campo que não está ligado a nada/o campo vai estar carregado e o outro estará vazio/teremos diferentes tipos e energia potencial/o campo do fio ligado realiza trabalho e faz os elétrons se moverem rápido e sem direção, ficam agitados, no que não está ligado os elétrons ficam uniformes e não realiza trabalho/a bateria está em carga negativa/o campo elétrico vai estar sempre na mesma direção, independente de estar ligado ou não/irá criar corrente por causa do campo magnético.*	●1 ●3 ●11 ●15 ●17 ●19 ●24 ●26 ●27 ●35 ●38 ●39 ●40 ●42 ●44 ●46 ●62 ●68 (18 ou 24%)
IN5[11] Não responderam.	●4 ●31 ●37 ●41 (4 ou ≈ 5,34%)

A segunda parte expõe as categorias de respostas e suas respectivas frequências de ocorrências e porcentagens. Em tal tabela, é possível perceber que as respostas dos setenta e cinco (75) estudantes puderam ser agrupadas em sete (7) categorias distintas, denominadas de $CO1^{11}$, $CO2^{11}$, $IN1^{11}$, $IN2^{11}$, $IN3^{11}$, $IN4^{11}$ e $IN5^{11}$ respectivamente.

Nesse sentido, as duas primeiras categorias de respostas da Tabela 11, possuem correspondência total ou parcial com as categorias – $CO1^{9}$, $CO2^{9}$, $CO3^{9}$, $CO1^{10}$, $CO2^{10}$ e $CO3^{10}$ – das tabelas 09 & 10. Assim, as categorias $CO1^{11}$ e $CO2^{11}$ foram pautadas levando em consideração exclusivamente as distinções entre as configurações dos campos elétricos nos fios metálicos sem e com voltagem distinções estas, presentes em todas as categorias supracitadas de suas respectivas tabelas, relacionadas às atividades com modelagem computacional.

Por outro lado, pode-se estabelecer uma relação entre as categorias consideradas incorretas ou inesperadas das tabelas 09, 10 e 11. Tais relações são: $IN1^{11}$ e $IN2^{11}$ possuem correspondência, completa com as categorias $IN1^{9}$ e $IN1^{10}$, pois, descrevem as movimentações das cargas e não as características das configurações dos campos; as categorias $IN3^{11}$ e $IN4^{11}$ possuem relação mais próxima com as categorias $IN2^{9}$ e $IN2^{10}$, pois, são respostas errôneas que parecem não levar em consideração as simulações feitas com os modelos computacionais nas atividades escolares e por fim, a categoria $IN5^{11}$ é relacionada com a categoria $IN3^{10}$, pois, são categorias de respostas em branco.

Assim, na categoria $CO1^{11}$, foram reunidas todas as respostas completas que versavam sobre a diferença, nas configurações de campos, nos dois fios metálicos, sem e com voltagem. Tais respostas utilizavam como argumentação, por exemplo, que os vetores de campos elétricos: *possui apenas um único sentido; é fixa em uma direção; é ordenado; é uniforme* dentre outras caracterizando assim, as configurações desses campos no fio com DDP. Para se caracterizar as configurações dos vetores no fio sem tensão, foram utilizados termos como: *é* aleatório; *não tem ordem; aponta para direções diferentes; não é uniforme* dentre outras respostas. Tal categoria foi

formulada por dezenove (19) alunos, ou seja, aproximadamente 25,34% das respostas.

Na categoria CO2[11], foram organizadas as respostas incompletas que respondiam apenas sobre as configurações no fio com diferença de potencial (DDP). Tais respostas utilizavam, por exemplo, que tais configurações eram: *em uma direção determinada* e também, *voltada para uma mesma direção* e assim, caracterizavam a configuração nesse fio. Tais respostas foram utilizadas apenas por dois (2) alunos, ou seja, aproximadamente 2,67%.

Essas duas (2) primeiras categorias podem ser classificadas como satisfatórias ou esperadas sendo que, a primeira está totalmente dentro do contexto da atividade proposta, pois, responde corretamente e de forma completa a situação problema, item b, da avaliação trimestral. Por outro lado, a segunda categoria, apesar de ser uma resposta correta, não é totalmente satisfatória, pois, está incompleta. Nessa direção tem-se que apenas vinte e um (21) alunos, ou seja, aproximadamente 28,01% dos educandos conseguiram responder corretamente, mesmo que de forma parcial, tal questão na avaliação trimestral.

Em tais categorias de respostas, a justificativa é pautada exclusivamente na diferenciação das configurações dos campos nas duas situações propostas: fio metálico sem e com DDP. Ou seja, caracterizando a diferença dos vetores nas duas situações. As argumentações que versavam sobre as movimentações das cargas nessas situações de distribuição dos vetores campos elétricos, verificadas nas atividades com modelagem computacional, não foram observadas nessas respostas.

Comparando esses dois últimos números com o número e o percentual do item a da mesma questão analisados anteriormente, observa-se que houve uma diminuição do número total de acertos de um item para outro, pois, no primeiro cinquenta e sete (57) ou 76% dos alunos tiveram desempenhos satisfatórios.

Na categoria IN1[11], foram organizadas as respostas completas, ou seja, distinguindo o fio sem e com tensão. Porém, tais argumentações versavam sobre a movimentação das cargas nos dois fios em questão. Assim, apesar

dessas respostas não possuem nenhum tipo de “erro conceitual”, porém, elas estão totalmente fora do que se esperava como réplica para esse item, ou seja, as características das configurações dos campos nas duas situações em questão. Tais respostas utilizavam como argumentação, por exemplo, que no fio com tensão os movimentos das partículas eram: *em uma só direção; na mesma direção;* ordenados.

Por outro lado, no fio metálico sem DDP argumentava-se que os movimentos das cargas eram: *em várias direções; tem direções distintas* dentre outras respostas. Tal categoria de resposta foi formulada por um total de dezesseis (16) educandos, ou seja, aproximadamente 21,34%.

A categoria IN2[11] reúnem as respostas incorretas e incompletas, que não diferenciam as duas situações desse item. Tal categoria versa apenas sobre o fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico e assim como na categoria anterior destaca as movimentações *desordenadas* das cargas. Ou seja, não estruturando a resposta em relação às distribuições ou arranjos espaciais dos vetores no fio. Tais argumentações foram formuladas apenas por dois (2) alunos, correspondendo a um total de 2,67% das respostas.

Nesse ponto, é importante destacar que as categorias IN1[11] & IN2[11] são argumentações corretas do ponto de vista da dinâmica de movimento das cargas elétricas no interior do condutor metálico, porém, fogem completamente da proposta central do item b dessa questão. Ou seja, parece que para esses alunos, houve uma interpretação errônea de qual era o objetivo central dessa pergunta. Porém, não se pode afirmar que essa hipótese é verdadeira.

Contudo, se tal hipótese fosse verificada, poderia se esperar que as respostas desses dezoito (18) educandos fossem corretas também para a caracterização das distribuições espaciais dos vetores nos fios metálicos e assim, tal item teria um número consideravelmente maior de respostas corretas. Nesse sentido, tais números passariam de 21 ou 28,01% para 39 ou 52% de acertos totais e parciais. Números estes, mais condizentes com os 57 ou 76% de acertos observados para o item a dessa mesma questão.

Por outro lado, na categoria IN3[11], encontram-se compiladas todas as respostas completas: que diferenciam as duas situações desse item, porém,

são argumentações completamente incorretas, inesperadas e/ou insatisfatórias. Nesse sentido, tais estruturas de respostas se caracterizam principalmente por terem em suas elaborações dois aspectos, são eles: 1) caracterização de movimentação ao invés de configurações de campos e 2) respostas com “erros conceituais”. Tal categoria agrupa um total de quatorze (14) educandos ou aproximadamente 18,67% das respostas.

Nessa mesma direção, na categoria IN4[11] encontram-se respostas incompletas, ou seja, que não diferenciam as duas situações do item b e que ainda possuem respostas, completamente incorretas, inesperadas e/ou insatisfatórias. Tal categoria também se caracteriza por ter em suas elaborações os mesmos aspectos destacados no parágrafo anterior, quais sejam: caracterização de movimentação e não de configurações dos vetores e respostas com “erros conceituais”. Tal categoria agrupa um total de dezoito (18) alunos ou 24%.

Por fim, a categoria IN5[11] representa as respostas em branco. Não responder a situação problema proposta nesse item, foi observada apenas para quatro (4) alunos, ou seja, aproximadamente 5,34%.

As categorias de respostas consideradas insatisfatórias possuem em suas formulações erros conceituais, inversões das temáticas, fuga do tema proposto e ainda respostas em branco. Tais estruturas de respostas, excetuando-se talvez as categorias IN1[11] & IN2[11], parecem não terem sido elaboradas a partir das observações dos modelos anteriormente simulados e visualizados nas aulas.

Nesse sentido, tais educandos parecem não ter conseguido descrever ou interpretar, de forma satisfatória, o item b dessa questão e nem relaciona-las aos modelos computacionais anteriormente trabalhados em sala.

Nas Tabelas 12 & 13 das próximas páginas, encontram-se definidas todas as categorias de respostas escritas e representações (desenhos) formulados pelos estudantes e que foram apresentadas, discutidas e analisadas nas páginas anteriores.

Tabela 12*: Descrição Formal das Categorias de Respostas Relatadas nas Tabelas 09, 10 & 11*

Categoria	Descrição da Categoria	Totais
Tabela 09: *Porque esse campo não faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado?*		
CO1[9]	*Categoria de respostas relacionadas apenas a configuração dos campos elétricos no condutor metálico nesse caso, configurações desordenadas.*	51
CO2[9]	*Categoria de respostas relacionadas às configurações desordenadas do campo elétrico no condutor metálico, ressaltando que tais configurações não formam uma corrente elétrica.*	11
CO3[9]	*Categoria de respostas relacionadas aos movimentos desordenados dos elétrons, justificando-o a partir do campo elétrico no condutor.*	1
IN1[9]	*Categoria de respostas relacionadas apenas as movimentações dos elétrons, não justificando tal movimentação a partir do campo elétrico ou das configurações dos mesmos.*	8
IN2[9]	*Categoria de respostas relacionada a "erros conceituais".*	4
	TOTAL	**75**
Tabela 10: *Porque esse campo agora faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado?*		
CO1[10]	*Categoria de respostas relacionadas apenas a configuração dos campos elétricos no condutor metálico nesse caso, configurações ordenadas.*	52
CO2[10]	*Categoria de respostas relacionadas às configurações ordenadas do campo elétrico no condutor metálico, ressaltando que tais configurações formam uma corrente elétrica.*	10
CO3[10]	*Categoria de respostas relacionadas à comparação entre as configurações dos campos elétricos no fio metálico sem e com DDP.*	1
IN1[10]	*Categoria de respostas relacionadas apenas as movimentações dos elétrons, não justificando tal movimentação a partir do campo elétrico ou das configurações dos mesmos.*	7
IN2[10]	*Categoria de respostas relacionada a erros conceituais.*	4
IN3[10]	*Categorias de respostas em branco.*	1
	TOTAL	**75**
Tabela 11: *Qual é a diferença em relação à CONFIGURAÇÃO DO CAMPO ELÉTRICO no fio ligado a bateria, quando comparado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?*		
CO1[11]	*Categoria de resposta completa, relacionada à comparação das configurações dos campos elétricos nos dois condutores: com e sem tensão.*	19
CO2[11]	*Categoria de resposta incompleta, relacionada à configuração dos campos elétricos apenas no condutor submetido a uma tensão.*	2
IN1[11]	*Categoria de resposta completa, porém, relacionada à comparação dos movimentos dos elétrons nos dois condutores: com e sem diferença de potencial.*	16
IN2[11]	*Categoria de resposta incompleta relacionada também, à descrição dos movimentos dos elétrons no condutor sem DDP.*	2
IN3[11]	*Categoria de respostas completas, ou seja, diferenciando os fios metálicos com e sem tensão, porém, contendo erros conceituais.*	14
IN4[11]	*Categoria de respostas incompletas, ou seja, não diferenciando os fios metálicos com e sem tensão e também, contendo erros conceituais.*	18
IN5[11]	*Categorias de respostas em branco.*	4
	TOTAL	**75**

É importante ressaltar que essas duas tabelas compilaram de forma sintética todas as categorias de respostas e representações que os alunos

conseguiram desenvolver durante as duas atividades escolares, quais sejam: atividade com modelagem computacional (modelo computacional e roteiro de atividades) e avaliação trimestral.

Tabela 13: *Categorias de Representações dos Campos Elétricos das Tabelas 09 (a) & 10 (a)*

Categoria	Descrição da Categoria	Totais
Tabela 09 (a): *Por fim, represente esse campo no quadro abaixo*		
CO1[9a]	*Categoria de representação relacionada apenas à configuração dos campos elétricos no condutor metálico nesse caso, configurações desordenadas.*	65
CO2[9a]	*Categoria de representações relacionadas às configurações desordenadas do campo elétrico juntamente com a representação das cargas elétricas no condutor metálico.*	5
IN1[9a]	*Categoria de representações relacionadas a erros conceituais.*	2
IN2[9a]	*Categoria de representações em branco.*	3
TOTAL		**75**
Tabela 10 (a): *Por fim, represente esse campo no quadro abaixo*		
CO1[10a]	*Categoria de representação relacionada apenas à configuração dos campos elétricos no condutor metálico nesse caso, configurações ordenadas e com sentido da direita para a esquerda.*	40
CO2[10a]	*Categoria de representações relacionadas às configurações ordenadas do campo elétrico, da direita para a esquerda, juntamente com a representação das cargas elétricas no condutor metálico.*	3
IN1[10a]	*Categoria de representações relacionadas a erros conceituais.*	11
IN2[10a]	*Categoria de representações em branco.*	5
IN3[10a]	*Categoria de representação relacionada apenas à configuração dos campos elétricos no condutor metálico nesse caso, configurações ordenadas, porém, com sentido invertido nesse caso, da esquerda para a direita.*	16
TOTAL		**75**

6.2.1.1 – Visão Geral dos Estudantes Sobre as Configurações de Campos Elétricos em um Condutor Metálico com e sem Tensão nas Atividades com Modelagem Computacional e também, na Avaliação Trimestral

A partir da descrição e comparação, feitas na seção anterior, sobre o desenvolvimento das atividades sobre organização espaciais ou configurações de campos elétricos pelos estudantes nas duas atividades escolares será feito aqui, o mapeamento das variações de respostas e representações ocorridas juntamente, com o levantamento de algumas hipóteses sobre porque tais variações ocorreram. Para se cumprir tais objetivos será apresentado nas próximas páginas o Diagrama 02, que cruza todas as respostas e representações formuladas pelos estudantes para os principais questionamentos das questões 02 e 04 do roteiro de atividades e também da questão 01, item b, da avaliação trimestral.

A partir de tal diagrama é possível observar simultaneamente os padrões de respostas e representações dos educandos definidos nas Tabelas 12 & 13 respectivamente. Nesse sentido, tem-se que no eixo horizontal, estão agrupadas as categorias de respostas $CO1^{9}$, $CO2^{9}$, $CO3^{9}$, $IN1^{9}$ e $IN2^{9}$ e no eixo vertical estão dispostas as categorias de respostas $CO1^{10}$, $CO2^{10}$, $CO3^{10}$, $IN1^{10}$, $IN2^{10}$ e $IN3^{10}$.

Assim, tal diagrama possui um total de trinta (30) quadrantes. Cada um deles corresponde a uma possível combinação de respostas dos dois questionamentos principais das questões 02 & 04. Ainda nessa direção, o Diagrama 02 é subdividido em cores, sendo que: todos os quadrantes em azul claro são combinações de respostas corretas para os dois questionamentos; os quadrantes em cinza claro são combinações de respostas onde, pelo menos um dos questionamentos foi respondido de forma incorreta e por fim, o quadrando em cinza escuro a combinações de respostas em que os dois questionamentos foram respondidos incorretamente.

Para observar quais categorias de respostas foram utilizadas pelos estudantes para a questão 01, item b, da avaliação trimestral organizou-se a mesma metodologia de cores e formas geométricas utilizadas no Diagrama 01, sendo que: a cor **preta** representa respostas consideradas corretas, subdivididas da seguinte forma; círculo preto ($\bullet_j$) e quadrado preto ($\blacksquare_j$) indicam que as categorias de respostas utilizadas por esses alunos foram $CO1^{11}$, $CO2^{11}$ respectivamente.

Por outro lado, a cor **vermelha** representa respostas consideradas incorretas, subdivididas da seguinte forma: círculo vermelho ($\bullet_j$), círculo vermelho, porém, branco por dentro ($\circ_j$), quadrado vermelho ($\blacksquare_j$), quadrado vermelho, porém, branco por dentro ($\square_j$) e triângulo vermelho ($\blacktriangle_j$) indicam que as categorias de respostas utilizadas na avaliação trimestral por esses estudantes foram $IN1^{11}$, $IN2^{11}$, $IN3^{11}$, $IN4^{11}$ e $IN5^{11}$ respectivamente. Cabe destacar também, que os símbolos: $\bullet_j$, $\blacksquare_j$, $\bullet_j$, $\circ_j$ $\blacksquare_j$, $\square_j$, e $\blacktriangle_j$ representam um dos os setenta e cinco (75) estudantes investigados nessa pesquisa.

Para se observar quais representações os estudantes fizeram para as configurações dos campos elétricos, durante as atividades com modelagem

computacional, organizou-se uma metodologia de números posicionais sobrescritos nos símbolos representativos dos educandos assim, no diagrama: os números (1, 2, 3 e 4) localizados no canto superior esquerdo e na primeira posição, caracterizam as categorias de representação $CO1^{9a}$, $CO2^{9a}$, $IN1^{9a}$ e $IN2^{9a}$ respectivamente. Por outro lado, os números (1, 2, 3, 4 e 5) sobrescrito no canto superior esquerdo e na segunda posição do símbolo, caracterizam as categorias de representação $CO1^{10a}$, $CO2^{10a}$, $IN1^{10a}$, $IN2^{10a}$ e $IN3^{10a}$ respectivamente. Por fim, esses dois números serão escritos dentro de colchetes e separados por uma vírgula.

Para ilustrar tais situações suponha que no Diagrama 02 exista o símbolo $^{[1,1]}\bullet_{33}$. Tal simbologia indica que na avaliação trimestral o aluno respondeu corretamente a questão 01 item b (**cor preta**); a sua resposta está completa, ou seja, diferenciando os fios metálicos com e sem tensão (**círculo preto**); os números sobrescritos entre colchetes e separados por vírgulas, no canto superior esquerdo, indicam que na atividade com modelagem computacional o estudante representou corretamente as configurações de campos sem o com diferença de potencial (**$CO1^{9a}$ & $CO1^{10a}$**) e, por fim, o número trinta e três (33), subscrito no canto inferior direito, indica que esse é o trigésimo terceiro educando dos setenta e cinco (75) alunos que participaram das duas atividades escolares.

Inicialmente, dos nove (9) quadrantes em azul no Diagrama 02, observa-se que cinquenta e três (53) estudantes formularam respostas corretas para os dois questionamentos principais das questões 02 & 04 do roteiro de atividades. Desse total, tem-se que na avaliação trimestral: dezoito (18) responderam corretamente, mesmo que de forma parcial e, trinta e cinco (35) deram respostas à situação problema, de forma incorreta.

Das dezoito (18) respostas consideradas corretas na avaliação trimestral dezesseis (16) relacionam-se com a categoria $CO1^{11}$ e duas (2) com a categoria $CO2^{11}$. Tais categorias representam respectivamente respostas completas relacionadas à comparação das configurações (organização) dos campos elétricos nas duas situações em questão e, respostas incompletas relacionadas às configurações dos campos apenas no fio submetido à uma tensão.

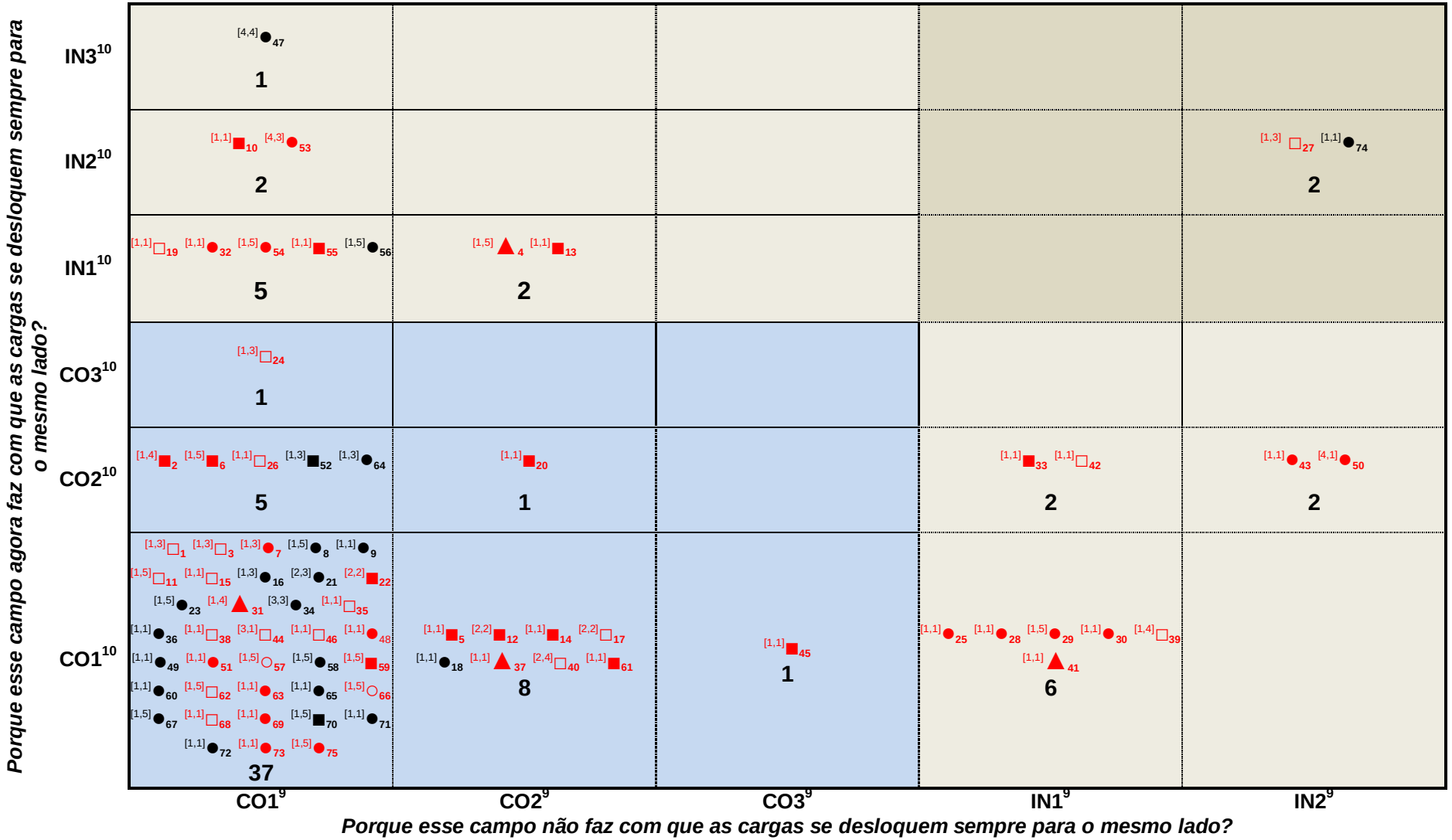


Diagrama 02: *Diagrama Cruzado Referente às Questões 03 e 04 do Roteiro de Atividades e Questão 01, item b, da Avaliação Trimestral*

Por outro lado, das trinta e cinco (35) respostas incorretas, dadas na avaliação trimestral, sete (7) são relacionadas com a categoria $IN1^{11}$; duas (2) a categoria $IN2^{11}$; dez (10) com a categoria $IN3^{11}$; quatorze (14) a categoria $IN4^{11}$ e duas (2) com a categoria $IN5^{11}$.

Tais categorias representam respectivamente respostas: completas que enfatizaram corretamente a movimentação dos elétrons, porém, não argumentaram em relação às configurações de campos elétricos; incompletas sobre a movimentação das cargas e não das organizações dos vetores campos elétricos; respostas completas com erros conceituais; respostas incompletas e, também com erros de conceituação e por fim, respostas em branco.

Das nove (9) combinações possíveis de respostas corretas para os dois questionamentos principais das questões 02 & 04, observou-se que foram formuladas seis (6) combinações. Nesse sentido, a combinação mais comum observada foi $CO1^{9}$ – $CO1^{10}$, ou seja, tais alunos responderam os dois questionamentos levando em consideração apenas as configurações dos campos elétricos no fio metálico observado nas simulações e visualizações com o computador.

Tal combinação de resposta foi utilizada por trinta e sete (37) estudantes sendo que, na avaliação trimestral, quinze (15) educandos responderam corretamente a situação problema proposta e vinte e dois (22) responderam incorretamente.

Outra combinação de resposta muito utilizada pelos educandos e que pode ser observada no Diagrama 02 foi $CO2^{9}$ – $CO1^{10}$, ou seja, tais alunos responderam os questionamentos da seguinte forma: primeiro, levando em consideração as configurações não uniformes dos campos elétricos e em segundo lugar, observando apenas as organizações/configuração dos campos.

Tal combinação de respostas foi utilizada por oito (8) alunos sendo que, na avaliação trimestral, um (1) educando respondeu a questão corretamente e sete (7) a responderam de forma incorreta ou insatisfatória.

Foi observada também, a combinação de resposta $CO1^{9}$ – $CO2^{10}$, ou seja, respostas que levam em consideração, em primeiro lugar, apenas as

configurações desordenadas dos campos e em segundo, considerando tais configurações, agora ordenadas, ressaltando a partir delas a formação da corrente elétrica. Tal combinação de respostas foi utilizada por cinco (5) alunos sendo que, na avaliação trimestral, três (3) responderam a questão de forma incorreta e dois (2) corretamente.

As combinações $CO1^{9}$ – $CO3^{10}$, $CO3^{9}$ – $CO1^{10}$ e $CO2^{9}$ – $CO2^{10}$ foram utilizadas como respostas uma (1) vez cada uma, ou seja, respostas que levam em consideração respectivamente: apenas a organização dos campos e depois a comparação entre as organizações dos campos com e sem tensão; a movimentação dos elétrons relacionando-a com as configurações aleatórias do campo e depois consideram apenas as organizações uniformes dos campos e por fim; considerando nos dois questionamentos, as configurações não uniformes e uniformes dos campos, relacionando-as com a não formação e formação de corrente elétrica respectivamente.

Tais combinações de respostas foram utilizadas por um total de três (3) alunos sendo que, na avaliação trimestral, todos eles formularam respostas incorretas para a questão proposta.

Para os quinze (15) quadrantes em cinza claro do Diagrama 02 observa-se que, de todas as combinações possíveis de respostas parcialmente corretas, foram utilizadas apenas sete (7). Tais combinações totalizam vinte (20) alunos que formularam respostas, para os principais questionamentos das questões 02 & 04, com pelos menos uma resposta correta. Desse total, tem-se que na avaliação trimestral: dois (2) responderam a situação problema de forma correta e dezoito (18) incorretamente.

Os dois (2) alunos que responderam corretamente a avaliação trimestral encontram-se na categoria $CO1^{11}$ que representa respostas completas, ou seja, diferenciando as situações propostas na avaliação trimestral e que versam apenas sobre a diferenciação das configurações dos campos elétricos no interior do condutor metálico sem o com diferença de potencial.

Por outro lado, das dezoito (18) respostas consideradas incorretas, têm-se que: nove (9), quatro (4), três (3) e dois (2) relacionam-se respectivamente com as categorias de respostas $IN1^{11}$, $IN3^{11}$, $IN4^{11}$ e $IN5^{11}$.

Tais categorias representam respostas incorretas e completas relacionadas apenas ao movimento dos elétrons e não as configurações de campos elétricos; respostas completas e com erros conceituais, respostas incompletas e também, com erros conceituais e, por fim, respostas em branco respectivamente.

A combinação de resposta parcialmente correta mais utilizada na atividade com modelagem computacional foi: $IN1^{9}$ – $CO1^{10}$, ou seja, tais alunos responderam os dois questionamentos primeiramente de forma incorreta, não descrevendo as configurações aleatórias dos campos para depois, responder o ao segundo questionamento corretamente, formulando a resposta a partir das configurações (organizações) dos campos elétricos simulados e visualizados.

Tal combinação de respostas foi utilizada por seis (6) estudantes sendo que, na avaliação trimestral, todos responderam incorretamente a situação problema proposta.

Outra combinação de resposta observada no Diagrama 02 foi $CO1^{9}$ – $IN1^{10}$, ou seja, tais alunos responderam os dois questionamentos da seguinte forma: a primeira resposta levou em consideração apenas as configurações desordenadas dos campos elétricos, por outro lado, a segunda resposta foi formulada incorretamente, ou seja, a partir das movimentações das cargas e não do campo elétrico.

Tal combinação de respostas foi utilizada por cinco (5) educandos sendo que, na avaliação trimestral, um (1) estudante respondeu corretamente a situação problema e quatro (4) responderam incorretamente.

As combinações $CO1^{9}$ – $IN2^{10}$, $CO2^{9}$ – $IN1^{10}$, $IN1^{9}$ – $CO2^{10}$ e $IN2^{9}$ – $CO2^{10}$ foram observadas, como combinações de respostas no roteiro de atividades, duas (2) vezes cada uma.

Tais combinações levam em consideração respectivamente: apenas as configurações desordenadas dos campos elétricos e depois, na segunda

resposta, formula-se uma resposta com erro conceitual; a primeira resposta como sendo correta relacionando a configuração não uniforme do campo com o fato de não se observar corrente elétrica e a segunda resposta pautada na observância das movimentações das partículas, porém, não relacionando tais movimentações com o campo elétrico; consideram também, a primeira resposta sendo incorreta, ou seja, observam-se as movimentações e não a configuração do campo para depois, considerar as configurações de campos ressaltando que tal configuração permite a formação de corrente elétrica e por fim, consideram ainda, respostas com erros conceituais para depois responderem ao segundo questionamento de forma correta enfatizando que a configuração uniforme privilegia a formação de corrente elétrica.

Tais combinações de respostas foram utilizadas por um total de oito (8) alunos sendo que, na avaliação trimestral, todos responderam incorretamente a questão proposta.

A combinação $CO1^{9}$ – $IN3^{10}$, ou seja, o aluno responder ao primeiro questionamento: levando em consideração as configurações desordenadas dos campos e depois, deixar a segunda questão em branco, foi observada em apenas uma (1) situação. Tal estudante, porém, respondeu de forma totalmente correta à situação problema na avaliação trimestral.

Por fim, ainda relacionado ao mapeamento das variações de respostas observadas nas duas atividades escolares, tem-se que nos quatro (4) quadrantes em cinza escuro, dois (2) alunos formularam as duas respostas de forma incorreta para os questionamentos das questões 02 & 04 do roteiro de atividades.

Dessa forma, foi observado que para esses alunos a combinação de resposta formulada foi $IN2^{9}$ – $IN2^{10}$. Contudo, na avaliação trimestral tem-se que um (1) educando respondeu a questão problema de forma correta e ou outro de forma incorreta.

Nos dois próximos capítulos serão apresentados, descritos e analisados os dados referentes à parte quantitativa das atividades dos Estudos IV & V.

Capítulo VII:

Análise dos Modelos Microscópicos de Corrente Elétrica: *Uma Abordagem Quantitativa do Conteúdo*

7.1 – Introdução

Nesse capítulo, começa a segunda parte das analises dos dados produzidos, construídas a partir da terceira parte do módulo educacional e avaliação trimestral da Atividade IV e de toda a Atividade V. Para tais dados, serão feitas descrições quantitativas, criação de escalas numéricas (notas), sobre o desenvolvimento quantitativo: números, variáveis e equações *(estudo matemático dos modelos)*. Mais especificamente, através das manipulações numéricas das equações $\mathbf{i}_{\text{Média}} = \mathbf{Q}/\mathbf{\Delta t}$ & $\mathbf{V}_{\text{Média}} = \mathbf{\Delta S}/\mathbf{\Delta t}$ respectivamente.

7.2 – Aspectos Teóricos das Analises de Dados Quantitativos em Estatística

As análises propostas nesse e no próximo capítulo, são pautadas a partir de descrições de frequências e porcentagens Vieira (1999), Crespo (2001) e Costa (2004) de notas de *Desempenho* dos alunos nas atividades com simulações com produção de dados e visualizações computacionais & avaliações trimestrais. Para isso, serão construídas duas escalas numéricas de notas: uma de 0 a 5 e outra de 0 a 9 para as Atividades IV e V respectivamente.

Porém, antes de iniciarmos tal analise, será apresentada aqui uma discussão sobre as principais características das escalas numéricas de medidas. Nesse sentido, segundo Costa (2004), existem quatro níveis de escalas numéricas, são elas:

- **Primeiro Nível** – *Nesse nível, realizam-se as operações mais elementares de mensuração. A variável, nesse nível, denomina-se nominal pelo fato de, mesmo sendo expressa por um numeral, ser apenas um nome. Nessa escala vale apenas um princípio (1) princípio da equivalência. Exemplos: números de telefone, CPF, RG entre outros;*
- **Segundo Nível** – *Nessa escala, denominada de ordinal, só é possível colocar os itens mensurados em ordem de grandeza, sem estabelecer quanto um é maior ou menor do que o outro. Nessa escala valem dois princípios (1) princípio da equivalência e (2) princípio do mais do que e do menos do que. Exemplo: notas escolares;*
- **Terceiro Nível** – *A partir desse nível, começa a fazer sentido falar em quantificação. A escala denomina-se intervalar e, do ponto de vista matemático, algumas operações já são possíveis – adição e subtração – mas jamais multiplicação e divisão. Nesse nível valem três princípios: (1) princípio da equivalência; (2) princípio do mais do que e do menos do que e (3) princípio do intervalo constante com zero fictício (relativo). Exemplo: escalas de temperatura de comparação;*
- **Quarto Nível** – *Esse é o nível mais confortável para o pesquisador, porque todas as operações matemáticas são permitidas. Os princípios norteadores de uma escala de quarto nível – denominada racional ou de razão – são: (1) princípio da equivalência; (2) princípio do mais do que e do menos do que; (3) princípio do intervalo constante com zero absoluto. Exemplo: medidas tomadas por régua são de quarto nível.*

Nessa investigação, foram construídas duas escalas numéricas de segundo nível ou escalas ordinais, que ainda segundo Costa:

> Nessa escala, denominada ordinal, só é possível colocar os itens mensurados em ordem de grandeza, sem estabelecer quanto um é maior ou menor que o outro. O motivo é simples: zero (0) não significa a ausência

> de conhecimento. Portanto, o zero é fictício. Então, se Maria tirou 8 e João, 4, valem as relações 8 > 4 e 4 < 8, mas jamais será possível dizer que 8/4 = 2 ou que 4/8 = 0,5. (COSTA, 2004, p. 37)

Dessa forma, ao se construir uma escala de notas para avaliar numericamente as atividades escolares desenvolvidas por estudantes, sejam elas: trabalhos escolares, avaliações, provas trimestrais, atividades com modelagem computacional entre outras possíveis, é importante que o professor tenha a percepção que tais notas, só podem ser utilizadas a partir dos princípios de **Equivalência** e **do maior do que (>)** ou **do menor do que (<)**. Nessa perspectiva, não é possível concluir, por exemplo, que Maria é duas vezes mais inteligente do que João ou que João é duas vezes menos inteligente que Maria. Em escalas ordinais, essa conclusão nunca será verdadeira.

7.3 – Análises dos Dados Referentes ao Cálculo de Corrente Elétrica Média em um Condutor Metálico a Partir de Simulações e Produção de Dados no Computador

Antes de apresentarmos efetivamente a terceira parte de analise de dados cabe nesse momento, apresentar teoricamente como é o procedimento adotado para se calcular uma corrente elétrica em um condutor metálico e também, quais foram os objetivos dessa parte específica do *Módulo Educacional* do Estudo IV.

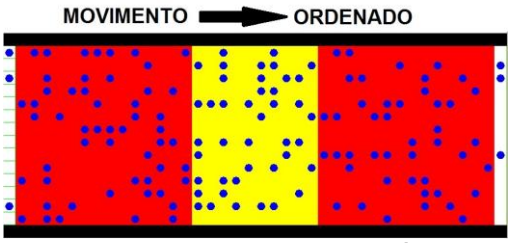


Figura 14: *Representação de Um Fio Metálico no ModeL@b*

Na Figura 14 está representada uma corrente de elétrons que se move para a direita, ao longo de uma região retangular (representação bi dimensional de um fio metálico cilíndrico). Se a letra **Q** é usada para indicar o **módulo** ou **valor** da carga elétrica que passa por uma seção transversal desse fio (retângulo em amarelo) e um intervalo de tempo Δ**t**. A intensidade média da corrente elétrica ($\mathbf{i}_{\text{Média}}$) através do condutor metálico será definida pela equação: $\mathbf{i}_{\text{Média}} = \mathbf{Q}/\mathbf{\Delta t}$. Ou seja, a corrente elétrica é calculada como sendo o

cociente entre a carga elétrica total (**Q**) que passa na seção transversal do fio pelo tempo (**Δt**) que ela gastou para passar em tal região.

A partir dessas ideias e relação matemática, pode-se dizer que essa parte do Estudo IV – questão 5 do Roteiro de Atividades (Apêndice B) – teve como objetivo trabalhar, a partir de simulações e produção de dados nas simulações, calcular a corrente elétrica média em um condutor metálico submetido a uma DDP. Em um segundo momento, em média seis (6) dias após o trabalho com esse *Módulo Educacional*, na questão 2 da *Avaliação Trimestral* (Apêndice C), tal temática foi novamente trabalhadas a partir de uma situação problema, porém, sem o uso de simulações e produção de dados.

7.3.1 – Analises do Terceiro Bloco de Dados: Escala Numérica & Tabela Cruzada de Notas de Desempenho

Para essa pesquisa, a escala numérica utilizada para medir o *Desempenho* quantitativo dos estudantes nos dois momentos das atividades escolares: roteiros de atividades & avaliações trimestrais é mostrada no Quadro 04. Nessa escala, de segundo nível, valem os princípios da **equivalência** & **do maior do que (>)** ou **do menor do que (<)**.

Quadro 05: *Escala Numérica de Medida do Desempenho dos Estudantes nas Atividades com Simulações e Visualizações Computacionais e Avaliação Trimestral Sobre Corrente Elétrica*

Valor	Descrição do Valor Associado ao Desempenho
5	*Cálculo Correto da Corrente Média no Fio – Carga Média Dividida por 10 s.*
4	*Transformação Correta do Número Médio de Elétrons em Carga Elétrica Média – Multiplicação pelo Fator 1,6 x 10^{-19} C.*
3	*Transformação Correta do Número Médio de Elétrons em Carga Elétrica Média – Montagem da Regra de Três.*
2	*Divisão Correta da Soma dos Elétrons por 10 – Número Médio de Elétrons.*
1	*Soma Correta do Total de Elétrons que Passaram pelo Fio em 10 s.*
0	*Nenhum Cálculo Correto ou Cálculos não Realizados.*

**É importante destacar que os dados utilizados para tal cálculo são referentes a uma simulação feita em um tempo de dez (10) segundos.*

Para a construção da escala numérica utilizada nessa parte específica do Estudo IV, levaram-se em consideração os procedimentos necessários para o cálculo da corrente elétrica média simulada nos modelos computacionais.

Tais procedimentos que foram resumidos no quadro anterior, serão apresentados aqui de forma completa assim, tem-se que: *1) Todos os cálculos incorretos ou nenhum cálculo executado* – **Nota 0**; *2) Soma correta do total de*

elétrons que passaram pela seção transversal do fio condutor (região amarela) durante dez (10) segundos de simulação – **Nota 1**; *3) Divisão do total de elétrons, do item anterior, por dez (10), ou seja, número médio de elétrons* – **Nota 2**; *4) Transformação no número médio de elétrons e carga elétrica média, esse procedimento foi subdividido em a) montagem da regra de três* – **Nota 3** e *b) multiplicação pelo fator 1,6 x 10^{-19} C* – **Nota 4**, por fim, *5) Divisão carga elétrica média por dez (10) segundos, corrente elétrica média* – **Nota 5***.*

Para essa escala é importante observar que há interdependência dos procedimentos de cálculo, ou seja, se algum dos procedimentos for efetuado de forma incorreta, os procedimentos posteriores estarão automaticamente incorretos também.

A partir da escala numérica de notas, foi possível construir a Tabela 14 da próxima página, que cruza as notas de *Desempenho* e suas respectivas frequências de ocorrência permitindo assim, visualizar simultaneamente os valores dessas variáveis nas duas atividades escolares. O diagrama permite ainda, observar todas as variações de *Desempenho* e frequências das notas para todos os 75 estudantes dessa investigação.

Como pode ser observado na Tabela 14, tal ferramental de analise possui quatro eixos: dois pretos e dois verdes. Os eixos em preto, vertical à esquerda e horizontal inferior, representam as notas de *Desempenho* na Atividade com Modelagem Computacional Expositiva (AMCE) e na Avaliação Trimestral (AT) respectivamente. Nessa mesma perspectiva, os eixos em verde, vertical à direita e horizontal superior, representam as *Frequências das Notas* na AMCE e na AT respectivamente. Por fim, pode-se observar que o diagrama é dividido em três partes ou cores; vermelho, amarelo e azul. Essas cores representam, respectivamente os alunos que diminuíram, mantiveram ou aumentaram seus desempenhos de uma atividade escolar para outra.

Dessa forma, por exemplo, na terceira linha de baixo para cima se encontram três (3) alunos, eixo verde vertical, que obtiveram uma nota de *Desempenho* igual a dois (2) na AMCE, eixo preto também na vertical. Considerando-se agora, o eixo preto na horizontal, pode-se observar que desses três (3) estudantes: dois (2) diminuíram suas notas para um (1) & um (1) educando para zero (0). Por fim, considerando-se o eixo verde horizontal,

têm-se as frequências totais dessas notas na AT, nesse exemplo, são respectivamente vinte (20) e treze (13).

Tabela 14: *Tabela Cruzada com as Notas de Desempenhos e Frequências de Notas de Desempenhos para os 75 Estudantes na AMCE e na AT.*

	Frequência das Notas de Desempenho na Avaliação Trimestral						
	75	13	20	24	2	5	11	F**
Desempenho na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória – AMCE	5	12	18	22	2	5	11	70
	4			1				1
	3			1				1
	2	1	2					3
	1							0
	0							0
	N*	0	1	2	3	4	5	75

Frequência das Notas de Desempenho na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória – AMCE

Desempenho na Avaliação Trimestral – AT

*** N denomina as NOTAS de Desempenho dos Alunos;**

**** F denomina a FREQUÊNCIA de notas de Desempenho dos Alunos;**

***** As cores em VERMELHO, AMARELO, AZUL correspondem aos alunos que, respectivamente, DIMINUIRAM, MANTIVERAM ou AUMENTARAM seus Desempenhos entre as duas atividades.**

Assim, a partir dessa perspectiva de analise, o primeiro aspecto que será apresentado aqui é a variação total das notas de *Desempenho* dos setenta e cinco (75) estudantes entre as duas atividades escolares. Nesse sentido, o diagrama mostra que essas notas diminuíram para sessenta e quatro (64) estudantes ≈ 85,34% do total, foram mantidas constantes para onze (11) ≈ 14,66% e por fim, não foi observado nenhum aumento de nota entre as duas atividades.

Nesse sentido, é importante salientar que na primeira parte das atividades escolares, setenta (70) alunos obtiveram nota máxima na AMCE e apenas cinco (5) educandos obtiveram notas abaixo do máximo, sendo que:

um (1) recebeu quatro (4), um (1) recebeu três (3) e três alunos receberam dois (2) como notas de *Desempenho*.

Dessa forma, pode-se observar inicialmente, a partir do diagrama da Tabela 14, que dos sessenta e quatro (64) estudantes que diminuíram suas notas da primeira para a segunda atividade escolar, parte vermelha do diagrama, doze (12) deles ≈ 1/5 de sessenta e quatro (64) tiveram suas notas diminuídas de cinco (5) para zero (0). Sendo assim, esse número revela que 16% do total de alunos conseguiram desenvolver integralmente os cálculos para obter a corrente elétrica no fio condutor na AMCE. Por outro lado, na AT esses cálculos não foram desenvolvidos pelos mesmos.

Uma possível hipótese para explicar tal número é o fato de que, na atividade com modelagem computacional expositiva, os alunos trabalharam em sala de aula com o auxílio do professor para tirar eventuais dúvidas nos procedimentos de cálculo, tal situação pode ter ocasionado o maior desempenho nas atividades propostas, porém, sem fazer com que os mesmos tivessem um real engajamento na resolução dos cálculos propostos.

Assim, em estudos posteriores adotando a mesma metodologia de módulos educacionais, pode-se pensar na possibilidade do professor ponderar sobre como auxiliar tais educandos, porém, sem fazer com que os mesmos percam o engajamento necessário para realizar os procedimentos de cálculos por eles mesmos. Contudo, é necessário investigar de forma mais detalhada tal evento, pois essa primeira hipótese, pode não explicar completamente essa queda de nota tão acentuada para esses doze (12) alunos.

Ainda na perspectiva dos alunos que diminuíram suas notas de *Desempenhos*, temos que quarenta e sete (47) alunos também o fizeram a partir da nota máxima de cinco (5). Desse total, tem-se que dezoito (18) educandos diminuíram para a nota um (1), o que evidência que na AT**,** tais alunos desenvolveram apenas a soma da quantidade de elétrons que haviam passado pela seção transversal do metal em questão. Para os vinte e dois (22) estudantes, que tiveram suas notas diminuídas para dois (2), pode-se constatar que na AT tais educandos conseguiram desenvolver o cálculo da corrente média apenas até o cálculo do número médio de elétrons que passou pelo fio metálico. Existem também, dois (2) alunos que diminuíram suas notas para três

(3) e cinco (5) educandos que a diminuíram para (4), ou seja, tais estudantes conseguiram desenvolver boa parte dos procedimentos dos cálculos necessários, contudo, não obtiveram o valor da corrente elétrica na AT.

Para os outros cinco (5) alunos que também diminuíram suas notas de *Desempenho* entre as duas atividades, é possível observar na Tabela 14 que, um (1) educando o fez a partir da nota quatro (4), ou seja, desenvolveu de forma quase integral os cálculos para obter a corrente elétrica na AMCE. Tal estudante diminuiu sua nota para dois (2) desenvolvendo assim, apenas o cálculo no número médio de elétrons que passaram pela seção transversal do fio na AT.

Em relação aos outros quatro (4) alunos restantes, tem-se que: um (1) aluno diminuiu da nota três (3) para dois (2); dois (2) estudantes diminuíram a nota de dois (2) para a um (1) e um (1) educando diminuiu da nota dois (2) para zero (0).

Dessa forma, pode-se concluir que dos estudantes que diminuíram suas notas de *Desempenhos* entre as duas atividades escolares, cinquenta e nove (59) deles obtiveram inicialmente a nota máxima de cinco (5), ou seja, desenvolveram a parte quantitativa do conteúdo trabalhado no módulo educacional por completo. Para os outros cinco (5) educandos que também diminuíram suas notas, observa-se que tal decréscimo ocorreu respectivamente a partir das notas quatro (4), três (3) e dois (2). Desse total de sessenta e quatro (64) estudantes, existe o número de doze (12) alunos que tiveram suas notas diminuídas acentuadamente, ou seja, do máximo para o mínimo.

Continuando a análise da Tabela 14, tem-se na parte amarela o número total de onze (11) alunos mantiveram as mesmas notas de *Desempenhos* nas duas atividades escolares. Esse total corresponde a aproximadamente 1/5 do total de 75 educandos que mantiveram as suas notas no valor máximo de cinco (5), ou seja, para esses alunos o desenvolvimento quantitativo sobre o conteúdo de corrente elétrica foi realizado de forma integral tanto na AMCE quanto na AT. Na parte em azul do diagrama da Tabela 14 nota-se que nenhum dos estudantes aumentou suas notas de seus *Desempenhos* entre as duas atividades.

Observando-se o conjunto dessa primeira análise, tem-se que para os dois grupos de alunos, a saber, os que diminuíram e mantiveram suas notas de *Desempenhos* entre as duas atividades escolares, existem duas tendências de variações predominantes, são elas: a) diminuir as notas a partir de cinco (5) com cinquenta e nove (59) ou ≈ 78,66% dos alunos & b) mante-las em cinco (5) com onze (11) ou ≈ 14,67% educandos.

Esses números totalizam setenta (70) educandos, ou seja, ≈ 93,33%. Do restante de alunos, apenas cinco (5) aproximadamente 6,67% deles, não foram inseridos em nenhuma dessas duas tendências por apresentarem flutuações de notas diversas. Por fim, é importante destacar aqui, que as análises apresentadas nas próximas seções, serão orientadas a partir dos números expostos nesses dois últimos parágrafos.

7.3.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Diagramas de Notas de Desempenho

A partir da primeira analise quantitativa na seção anterior, é possível observar numericamente todas as variações das notas de *Desempenho* dos setenta e cinco (75) educandos. Porém, não é possível observar quais alunos tiveram tais variações. Assim, será feito aqui, a explicitação dos estudantes a partir de suas respectivas notas nas duas atividades escolares. Nesse sentido, iniciaremos as discussões a partir dos Diagramas 03 e 04 apresentados nas próximas páginas.

Nessa perspectiva, a escala de notas de desempenho apresentada no Quadro 04, também foi utilizada na construção de tais diagramas. Neles, a primeira coluna representa as notas dos estudantes; a segunda coluna é a distribuição ou explicitação dos alunos de acordo com as suas notas e por fim, na terceira coluna, estão as frequências totais de estudantes contabilizados por suas notas.

No Diagrama 03, por exemplo, na segunda coluna, o símbolo ($\bullet_j$) representa um dos setenta e cinco (75) alunos que participaram da AMCE e que, posteriormente também, participou da AT. Assim, por exemplo, o símbolo $\bullet_{10}$ representa o décimo estudante do Estudo IV.

É importante destacar ainda, no que diz respeito à variação das notas de desempenho entre a AMCE e a AT, que no Diagrama 04 na segunda coluna, os símbolos ($\bullet_j$) representam os estudantes que mantiveram o mesmo desempenho nas duas atividades e os símbolos ($\blacktriangledown_j$) indicam os educandos que diminuíram seus desempenhos. Dessa forma, com o auxílio dessas ferramentas, é possível saber quais são os alunos que diminuíram ou mantiveram suas notas entre as duas atividades escolares propostas.

***Diagrama 03*:** *Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no Desenvolvimento das Relações Matemáticas para o Cálculo da Corrente Elétrica Média na Atividade de Modelagem Computacional Expositiva.*

5	●1 ●2 ●3 ●4 ●5 ●6 ●7 ●8 ●9 ●10 ●11 ●12 ●13 ●14 ●15 ●16 ●17 ●18 ●19 ●20 ●21 ●22 ●23 ●24 ●25 ●26 ●27 ●28 ●29 ●30 ●31 ●32 ●33 ●34 ●35 ●36 ●37 ●38 ●40 ●41 ●42 ●43 ●44 ●45 ●46 ●48 ●49 ●52 ●53 ●54 ●55 ●56 ●57 ●58 ●59 ●60 ●61 ●62 ●63 ●64 ●65 ●66 ●67 ●68 ●69 ●70 ●71 ●73 ●74 ●75	*70*
4	●72	*1*
3	●47	*1*
2	●39 ●50 ●51	*3*
1		*0*
0		*0*

Nesses dois diagramas, observa-se como se deu a variação das notas de *Desempenho* de cada aluno no desenvolvimento da atividade de *Avaliação Trimestral* – **AT** após o intervalo médio de 6 dias da aplicação da *Atividade de Modelagem Computacional Expositiva* – **AMCE**. Nesse sentido, tal diagramação se torna de fundamental importância para se investigar as variações de notas observadas através da Tabela 14, pois é possível explicitar os alunos. Assim, partir desses diagramas é possível se construir os organogramas que mostram as variações de notas por aluno e que serão apresentadas na próxima seção.

Diagrama 04: *Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no Desenvolvimento das Relações Matemáticas para o Cálculo da Corrente Elétrica Média na Avaliação Trimestral*

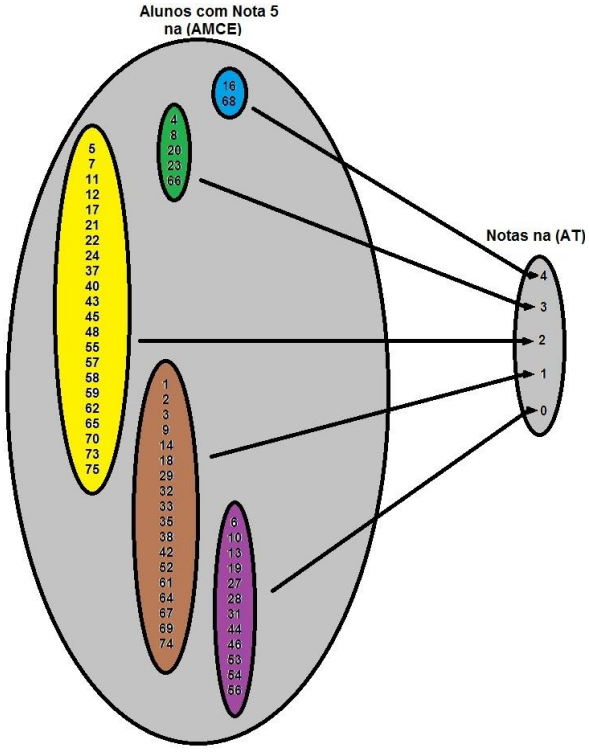
5	●15 ●25 ●26 ●30 ●34 ●36 ●41 ●49 ●60 ●63 ●71	*11*
4	▼4 ▼8 ▼20 ▼23 ▼66	*5*
3	▼16 ▼68	*2*
2	▼5 ▼7 ▼11 ▼12 ▼17 ▼21 ▼22 ▼24 ▼37 ▼40 ▼43 ▼45 ▼47 ▼48 ▼55 ▼57 ▼58 ▼59 ▼62 ▼65 ▼70 ▼72 ▼73 ▼75	*24*
1	▼1 ▼2 ▼3 ▼9 ▼14 ▼18 ▼29 ▼32 ▼33 ▼35 ▼38 ▼39 ▼42 ▼51 ▼52 ▼61 ▼64 ▼67 ▼69 ▼74	*20*
0	▼6 ▼10 ▼13 ▼19 ▼27 ▼28 ▼31 ▼44 ▼46 ▼50 ▼53 ▼54 ▼56	*13*

Por fim, vale destacar ainda que para uma melhor visualização da dinâmica de notas dos alunos, a análise será feita a partir do número de alunos

que: *diminuíram* suas notas a partir de cinco (5) – cinquenta e nove (59) ou ≈ 78,66%; *mantiveram* suas notas em cinco (5) – onze (11) ou ≈ 14,67% e por fim, os alunos que tiveram *variações diversas* das suas notas – cinco (5) ou ≈ 6,67%.

7.3.2.1 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Diminuíram suas Notas a Partir da Nota Máxima – 59 ≈ 76,66%

As analises dessa subseção serão moldadas a partir dos estudantes que tiveram decréscimo de desempenho, entre as duas atividades escolares, a partir da nota cinco (5). Como foi exposto anteriormente cinquenta e nove (59) alunos possuem esse perfil de comportamento, ou seja, diminuir o *Desempenho* a partir da nota máxima. Assim, com auxílio dos diagramas 03 & 04, foi possível produzir o Organograma 01 que, diferentemente dos diagramas, apresenta separadamente os alunos que diminuíram suas notas de desempenho entre as duas atividades escolares.



Organograma 01: *Estudantes que na **AMCE** Tiveram Notas 5 e posteriormente diminuíram suas Notas para 4, 3, 2, 1 e 0 na **AT***

No organograma da página anterior, os números mostrados dentro das elipses menores à esquerda, que por sua vez estão inseridas em uma única elipse maior, representam os cinquenta e nove (59) estudantes que

participaram das duas atividades de forma individual. Por fim, na elipse à direita estão às notas que tais alunos obtiveram na AT.

Dessa forma, é possível observar quais são os cinquenta e nove estudantes que diminuíram suas notas entre as duas atividades a partir da nota máxima para as notas de desempenho 4, 3, 2, 1 e 0 respectivamente. Nessa direção, tem-se que esses alunos conseguiram desenvolver corretamente os cálculos de *Média Simples* e *Corrente Elétrica* na AMCE e, posteriormente não repetiram tal desempenho na AT.

A partir de tal organograma, pode-se observar, por exemplo, que o aluno indicado pelo número dezesseis {*16*}, elipse azul, teve uma queda de nota de apenas um ponto, uma vez que para ele, esse decréscimo foi de cinco (5) para quatro (4). De acordo com a escala de notas desse estudo, Quadro 04, esse educando desenvolveu na AT os cálculos envolvendo o número médio de elétrons que passou pelo condutor em dez (10) segundos e também, determinou a carga elétrica média, não desenvolvendo apenas, o cálculo para determinar a corrente elétrica média. Da mesma forma, o aluno denotado pelo número sessenta e oito {*68*} teve o mesmo comportamento em relação à nota de desempenho nas atividades.

Para os educandos representados pelos números {*4, 8, 20, 23* e *66*}, dentro da elipse verde, pode-se considerar que a queda de nota foi pequena, uma vez que para eles, esse decréscimo foi apenas de dois pontos, ou seja, de cinco (5) para três (3). Assim, esses cinco educandos desenvolveram na AT os cálculos envolvendo a determinação da carga média e também, a montagem da regra de três para determinação da carga média que passou pelo metal, porém, não deram continuidade a esse procedimento e assim, não efetuaram o cálculo da corrente elétrica média.

Na elipse amarela, existem vinte e dois (22) estudantes, são eles: {*5, 7, 11, 12, 17, 21, 22, 24, 37, 40, 43, 45, 48, 55, 57, 58, 59, 62, 65, 70, 73* e *75*}, todos caracterizados por uma queda de três (3) pontos em suas notas. Essa queda indica que na AT, esses estudantes conseguiram desenvolver os cálculos apenas até encontrarem o número *Médio de Elétrons* que passaram pelo condutor metálico em dez (10) segundos.

Para os dezoito (18) alunos indicados pelos números {*1, 2, 3, 9, 14, 18, 29, 32, 33, 35, 38, 42, 52, 61, 64, 67, 69* e *74*}, elipse marrom, a queda de nota foi bem acentuada, uma vez que para tais educandos, esse decréscimo foi de 4 pontos, ou seja, de cinco (5) para um (1). Assim, esses alunos desenvolveram na **AT** apenas a soma do número total de elétrons que passaram pela seção transversal do fio metálico.

Por fim, na elipse roxa, encontram-se os doze (12) educandos que tiveram nota máxima de cinco (5) na **AMCE** e posteriormente na **AT** obtiveram a nota mínima de zero (0), são eles: {*6, 10, 13, 19, 27, 28, 31, 44, 46, 63, 64, 65*}. Dessa forma, para esse grupo de alunos, observa-se que as suas notas caíram cinco (5) pontos entre as duas atividades. Ou seja, do máximo para o mínimo.

Como foi observado anteriormente na seção 7.3.1: "*uma possível hipótese para explicar tal número é o fato de que, na atividade com modelagem computacional expositiva, os alunos trabalharam em sala de aula com o auxílio do professor para tirar eventuais dúvidas nos procedimentos de cálculo, tal situação pode ter ocasionado o maior desempenho nas atividades propostas, porém, sem fazer com que os mesmos tivessem um real engajamento na resolução dos cálculos propostos*" levando dessa forma, com que os educandos tivessem um bom desempenho apenas na AMCE.

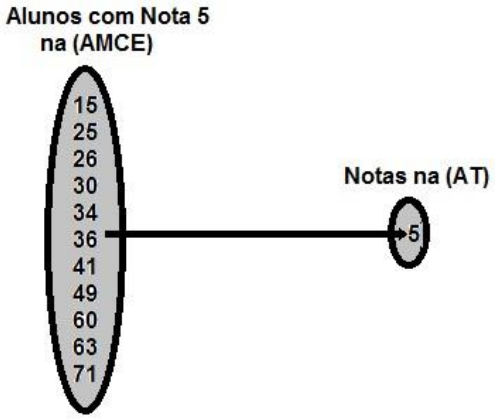
Contudo, dentro desse contexto, uma segunda alternativa ou alternativa complementar para explicar porque tais educandos tiveram uma queda tão acentuada em suas notas entre as duas atividades, pode ser dada por Magalhães *et al*. (2002) que em pesquisa sobre o estudo de movimentos de corpos a partir da perspectiva da modelagem computacional, observou em uma avaliação diagnóstico, que em geral os alunos do ensino médio das escolas públicas apresentam falta de pré-requisito em matemática para o estudo do fenômeno em questão. Nesse sentido, pode-se pressupor que tal fato também possa ocorrer em estudos de outros tópicos de Física que fazem uso de ferramentais matemáticos, como é o caso dessa parte específica da atividade proposta no *Estudo IV*.

Dessa forma, aliando-se o auxílio do professor em sala de aula, que pode ter ocasionado à falta de um real engajamento nos educados para a

execução dos cálculos e também, uma suposta falta de pré-requisitos dos mesmos para realizar tais procedimentos de cálculos de forma individual e sem auxílio; possa-se explicar, mesmo que de forma parcial, porque os desempenhos desse grupo específico de alunos tiveram uma queda tão acentuada de notas, fazendo com eles não conseguissem desenvolver nenhuma parte dos cálculos necessários para a determinação da corrente elétrica média no condutor em questão.

7.3.2.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Mantiveram suas Notas no Valor Máximo – 11 ≈ 14,67%

Continuando as analises, no Organograma 02, são mostrados todos os alunos que mantiveram a nota máxima nas duas atividades. Como foi exposto anteriormente, onze (11) estudantes possuem esse comportamento.



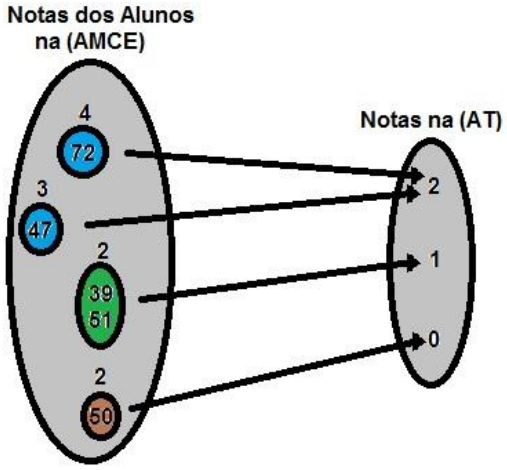
Organograma 02: *Estudantes que na AMCE Tiveram Notas 5 e posteriormente Mantiveram as suas Notas em 5 na AT*

Dessa forma, como pode ser observado no organograma acima, para esses educandos, que obtiveram nota máxima nas duas atividades escolares, podem-se levantar hipóteses contrárias sobre a falta de um real engajamento em sala de aula, ocasionada pelo auxílio do professor, para a execução dos cálculos da parte quantitativa do Estudo IV e também, sobre a falta de pré-requisito em matemática para esses alunos, pois, para esse grupo específico de estudantes o auxílio do professor parece não ter tirado deles o engajamento necessário nas atividades em sala de aula e posteriormente, quando a atividade foi realizada em uma avaliação trimestral de sem nenhuma forma de auxílio, tais alunos demonstraram a capacidade de realizar novamente todos os cálculos necessários para a determinação da corrente elétrica no fio condutor

metálico evidenciando dessa forma, tanto o engajamento na realização das atividades em sala de aula quanto os pré-requisitos necessários para a feitura das atividades na avaliação trimestral.

7.3.2.3 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Tiveram Variações Diversas nas Notas de Desempenho – 5 ≈ 6,67%

Para os cinco (5) alunos restantes, observa-se que houve variações diversas de notas, mas, para nenhum deles a nota foi máxima em nenhuma das duas atividades. Dessa forma, para esse grupo específico de educandos temos apenas alunos que diminuíram suas notas de desempenho entre as duas atividades escolares. Cabe ressaltar ainda, que nem na AMCE ou na AT essa nota foi máxima. Assim, o Organograma 03 mostra respectivamente como foram essas variações de notas para os cinco (5) estudantes.



Organograma 03: *Estudantes que Diminuíram suas Notas de 4, 3, e 2 para 2, 1 e 0 Entre as Duas Atividades Escolares*

Como pode ser observado nesse organograma, tem-se que dois (2) educandos, a saber: {*72*} e {*47*} diminuíram suas notas respectivamente de quatro (4) e três (3), para o valor de dois (2). Os estudantes {*39* e *51*} diminuíram suas notas de dois (2) para um (1) e por fim, o aluno de número cinquenta {50} diminuiu seu desempenho de dois (2) para o valor mínimo de zero (0).

No próximo capítulo serão apresentados, descritos e analisados os dados referentes à Atividade V, ou seja, o estudo quantitativo ou matemático sobre o movimento de três corpos: um trem, um carro e uma moto.

Capítulo VIII:

Análise do Modelo Macroscópico de Velocidade Média: *Uma Abordagem Quantitativa do Conteúdo*

8.1 – Introdução

Este capítulo apresentará a última parte das analises e discussões dos dados produzidos, referentes a *Atividade V* da investigação Principal. Os resultados aqui expostos possuem novamente como fonte, os dados produzidos pela aplicação do *Roteiro de Atividades* e também, da *Avaliação Trimestral*.

8.2 – Análises dos Dados Referentes ao Cálculo da Velocidade Média de Três Móveis a Partir de Simulações e Produção de Dados no Computador

Antes de apresentarmos efetivamente a última parte das analises dos dados cabe, nesse momento, explicitar os procedimentos matemáticos adotados para se calcular a velocidade média de um móvel qualquer e também, quais foram os objetivos desse *Módulo Educacional* da Atividade V.

Na Figura 15 da próxima página, está representada uma pista dupla, onde transitam vários automóveis, inclusive uma moto preta e um jipe vermelho. Ao lado dessa pista, existe uma linha férrea onde se move um vagão de trem.

Se ∆**S** é usado para indicar o **módulo** ou **valor** do deslocamento feito pela *moto*, *Jipe* ou o *trem* e um intervalo de tempo ∆**t**. A velocidade média **v** $_{Média}$ dos automóveis serão definidas pela equação matemática: **v** $_{Média}$ = ∆**S** /**∆t**.

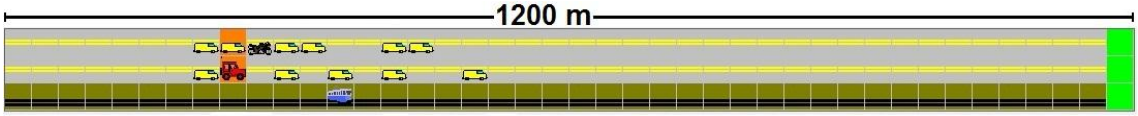


Figura 15: *Representação de Uma Pista Dupla e um Trilho de Trem no ModeL@b*

A partir da equação matemática da velocidade média, pode-se dizer que a *Atividade V* – questão 3, itens *a, b, c e d* do Roteiro de Atividades (Apêndice D), realizado na perspectiva *Exploratória*, ou seja, com os alunos simulando, visualizando e produzindo os dados – tiveram como objetivo trabalhar o cálculo da velocidade média dos três móveis em destaque da Figura 15. Em um segundo momento, em média 4,5 dias após o trabalho com esse *Módulo Educacional*, na questão 01, itens *a* e *b* da *Avaliação Trimestral* (Apêndice E), tal temática foi novamente trabalhada a partir de uma situação problema, porém, sem o uso de simulações, visualizações e produção de dados computacionais.

8.2.1 – Analises do Quarto Bloco de Dados: Escala Numérica & Tabela Cruzada de Notas de Desempenho

Os resultados dessa seção foram obtidos a partir da comparação entre o desempenho apresentado pelos estudantes nos dois momentos das atividades escolares, quais sejam: *Atividade com Modelagem Computacional Exploratória* (AMCE) & *Avaliação Trimestral* (AT). Assim, o primeiro passo foi novamente, definir uma escala numérica para medir esses desempenhos tal escala é mostrada no Quadro 05, lembrando que a escala definida neste quadro é construída seguindo a lógica da interdependência entre as relações matemáticas de *tempo médio* e *velocidade média*, uma vez que o cálculo da segunda só pode estar correto se o cálculo da primeira também estiver.

A partir dessa interdependência, formularam-se três critérios em hierarquia decrescente de importância: 1) **números de cálculos corretos**, ou seja, quanto maior o número de cálculos feitos de forma correta, maior a nota atribuída ao desempenho; 2) **número de relações matemáticas executadas corretamente: tempo médio e velocidade média**, ou seja, o aluno executou nenhum, uma ou as duas relações matemáticas, assim, quanto maior o número

de relações matemáticas executadas corretamente, maior o desempenho e; 3) **número de correspondências corretas entre os cálculos do tempo médio e da velocidade média**, ou seja, o cálculo do tempo médio foi utilizado corretamente no cálculo da respectiva velocidade média, quanto maior for esse número, maior será o desempenho.

Quadro 06: *Escala Numérica de Medida do Desempenho dos Estudantes nas Atividades de Modelagem Computacional Exploratória e na Avaliação Trimestral*

Valor	Descrição do Valor Associado ao Desempenho
9	*Todos os Seis Cálculos Corretos*
8	*Cinco Cálculos Corretos: Três Tempos Médios e Duas Velocidades Médias*
7	*Quatro Cálculos Corretos: Dois Tempos Médios e Duas Velocidades Médias*
6	*Quatro Cálculos Corretos: Três Tempos Médios e Uma Velocidade Média*
5	*Três Cálculos Corretos: Dois Tempos Médios e Uma Velocidade Média*
4	*Três Cálculos Corretos: Três Tempos Médios*
3	*Dois Cálculos Corretos: Um Tempo Médio e Uma Velocidade Média*
2	*Dois Cálculos Corretos: Dois Tempos Médios*
1	*Um Cálculo Correto: Um Tempo Médio*
0	*Nenhum Cálculo Correto*

A partir da escala numérica de notas, apresentada no quadro acima, foi possível construir a Tabela 15 que permite visualizar simultaneamente as notas de *Desempenhos* e a distribuição de frequências dessas notas nas duas atividades escolares. O diagrama permite, também, observar todas as variações de *Desempenhos* e frequências das notas para os 114 estudantes dessa investigação.

Como pode ser observado na tabela da próxima página, tal ferramental segue a mesma estrutura de apresentação de dados da Tabela 14 do capítulo anterior, ou seja, possui quatro eixos: dois pretos e dois verdes. Os eixos em preto, vertical à esquerda e horizontal inferior, representam as notas dos *Desempenhos* na AMCE e na AT respectivamente. Nessa mesma perspectiva, os eixos em verde, vertical à direita e horizontal superior, representam as *Frequências das Notas* na AMCE e na AT respectivamente. Por fim, pode-se observar que o diagrama é dividido em três partes ou cores; vermelho, amarelo e azul. Essas cores representam, respectivamente os alunos que diminuíram, mantiveram ou aumentaram seus desempenhos de uma atividade escolar para outra.

Tabela 15: *Tabela Cruzada com as Notas de Desempenhos e Frequências de Notas de Desempenhos para os 114 Estudantes na AMCE e na AT.*

Frequência das Notas de Desempenho na Avaliação Trimestral – AT

114	***35***	***0***	***1***	***0***	***17***	***0***	***0***	***7***	***1***	***53***	***F*****
9	**25**		**1**		**12**			**4**	**1**	**35**	***78***
8										**2**	***2***
7	**1**							**1**		**6**	***8***
6					**1**					**1**	***2***
5											***0***
4	**4**				**1**			**2**		**7**	***14***
3	**1**									**1**	***2***
2	**1**				**2**					**1**	***4***
1											***0***
0	**3**				**1**						***4***
N*	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	***114***

Desempenho na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória – AMCE

Frequência das Notas de Desempenho na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória – AMCE

Desempenho na Avaliação Trimestral – AT

****N denomina as NOTAS de Desempenhos dos alunos;***
*****F denomina a FREQUÊNCIA de notas de Desempenhos dos alunos;***
******As cores em VERMELHO, AMARELO e AZUL correspondem aos alunos que, respectivamente, DIMINUIRAM, MANTIVERAM ou AUMENTARAM seus desempenhos entre as duas atividades.***

Dessa forma, por exemplo, na quinta linha de baixo para cima notam-se quatorze (14) alunos, eixo verde vertical, que obtiveram uma nota de *Desempenho* igual a quatro (4) na AMCE, eixo preto também na vertical. Considerando-se agora, o eixo preto na horizontal, pode-se observar que desse total de alunos: sete (7) aumentaram suas notas para nove (9) e dois (2) para sete (7); um (1) estudante manteve sua nota constante em quatro (4) e quatro (4) educandos diminuíram suas notas para zero (0). Por fim,

considerando-se o eixo verde horizontal, têm-se as frequências totais dessas notas na **AT**, nesse exemplo tais frequências são, respectivamente, cinquenta e três (53), sete (7), dezessete (17) e trinta e cinco (35).

Assim, a partir dessa perspectiva de analise, o primeiro aspecto que será apresentado aqui é a variação total das notas de *Desempenho* dos cento e quatorze (114) estudantes entre as duas atividades escolares. Nesse sentido, o diagrama mostra que essas notas diminuíram para cinquenta e um (51) estudantes ≈ 44,73% do total, foram mantidas constantes para quarenta (40) ≈ 35,08% e por fim, aumentaram para vinte e três (23) ou ≈ 20,17%.

Dessa forma, pode-se observar inicialmente, a partir da Tabela 15, que dos cinquenta e um (51) estudantes que diminuíram suas notas da primeira para a segunda atividade escolar, parte em vermelho na tabela, vinte e cinco (25) deles ≈1/2 de 51 tiveram suas notas diminuídas de nove (9) para zero (0). Sendo assim, esse número revela que uma quantidade considerável de educandos conseguiu desenvolver integralmente os cálculos de *média simples* e *velocidade média* apenas na AMCE, por outro lado, na AT tais cálculos não foram desenvolvidos por esses alunos.

Uma possível hipótese para explicar tal número é o fato de que, na atividade com modelagem computacional exploratória, os alunos trabalharam em duplas com apenas um roteiro de atividades para os dois estudantes, tal situação pode ter ocasionado o maior engajamento e desempenho de apenas um dos estudantes da dupla. Assim, em estudos posteriores adotando a mesma metodologia para as duplas no laboratório de informática, pode-se pensar na possibilidade de cada aluno receber o seu roteiro de atividades para o desenvolvimento dos conteúdos propostos. Contudo, é necessário investigar de forma mais detalhada tal evento, pois essa primeira hipótese, pode não explicar completamente essa queda de nota tão acentuada para todos os vinte e cinco (25) alunos.

Ainda na perspectiva dos alunos que diminuíram suas notas de desempenhos, temos que dezoito (18) alunos também o fizeram a partir da nota nove (9). Desse total, tem-se que um (1) estudante diminuiu para a nota dois (2), o que evidência que na AT**,** tal aluno desenvolveu apenas de forma parcial o cálculo de média simples. Para doze (12) alunos, que tiveram suas

notas diminuídas para quatro (4), pode-se concluir que na AT tais educandos conseguiram desenvolver todos os cálculos de média simples; quatro (4) alunos diminuíram suas notas para sete (7) e um (1) aluno para oito (8), ou seja, tais estudantes conseguiram desenvolver os procedimentos matemáticos para se calcular a média simples e velocidade média quase que integralmente na AT.

Para os outros oito (8) alunos restantes que também diminuíram suas notas de desempenho entre duas atividades escolares, foi possível observar na Tabela 15 que: um (1) educando o fez a partir da nota sete (7), ou seja, desenvolveu de forma quase integral os cálculos de média simples e velocidade média na AMCE. Esse aluno diminuiu sua nota para zero (0), pois, não desenvolveu nenhum dos cálculos na AT. Para os sete (7) alunos restantes, tem-se que: um (1) aluno diminuiu da nota seis (6) para quatro (4); quatro (4) estudantes diminuíram a nota de quatro (4) para a zero (0); um (1) educando diminuiu da nota três (3) para zero (0) e um (1) aluno diminuiu de dois (2) para zero (0).

Dessa forma, pode-se concluir que dos estudantes que diminuíram suas notas de *Desempenhos* entre as duas atividades escolares, quarenta e três (43) deles obtiveram inicialmente a nota máxima de nove (9), ou seja, desenvolvendo todos os cálculos matemáticos da atividade com modelagem computacional exploratória por completo. Para os outros oito (8) educandos que também diminuíram suas notas, observa-se que tal decréscimo ocorreu respectivamente a partir das notas sete (7), seis (6), quatro (4), três (3) e dois (2). Desse total de cinquenta e um (51) estudantes, existe o número considerável de vinte e cinco (25) alunos que tiveram suas notas diminuídas acentuadamente na AT, ou seja, do máximo para o mínimo.

Continuando a análise da Tabela 15, tem-se na parte amarela o número total de quarenta (40) alunos que mantiveram as mesmas notas de *Desempenhos* nas duas atividades escolares. Desse total, trinta e cinco (35) (aproximadamente 1/3 do total de 114 estudantes) mantiveram as suas notas no valor máximo de nove (9), ou seja, para esses alunos o desenvolvimento dos cálculos matemáticos de *médias simples* e *velocidade média* foram realizados de forma integral tanto nas duas etapas do *Estudo V*.

Para os outros cinco (5) estudantes que mantiveram seus *Desempenhos* nas duas atividades, temos que um (1) estudante o manteve em sete (7), significando que, para esse aluno, o desenvolvimento dos dois tópicos em estudo, foi feito quase de forma integral nas duas atividades. Ainda tem-se que, um (1) aluno manteve sua nota em quatro (4), desenvolvendo de forma correta, os cálculos de *média simples* nas duas atividades. Por fim, três (3) estudantes mantiveram suas notas em zero (0), o que evidência para eles que nenhum dos dois procedimentos matemáticos trabalhados nessas atividades foi desenvolvido corretamente por eles.

Assim, para esses quarenta (40) estudantes que mantiveram as mesmas notas nas duas atividades escolares, observa-se que trinta e cinco (35) mantiveram a nota em nove (9), ou seja, aproximadamente 87,50% desse subtotal e para os outros cinco (5) alunos as notas foram mantidas em sete (7), quatro (4) e zero (0).

Na parte em azul da Tabela 15, tem-se um grupo de vinte e três (23) alunos que aumentaram as notas de seus *Desempenhos* entre as duas atividades. Assim, para esse educandos, existem: dois (2) alunos que aumentaram suas notas de oito (8) para nove (9); seis (6) educandos que aumentaram suas notas de sete (7) para nove (9) e um (1) aluno que aumentou a sua nota de seis (6) para nove (9). Assim, observa-se que para esses nove (9) estudantes o desenvolvimento quantitativo dos cálculos de *média simples* e *velocidade média* foram quase completos na AMCE e integral na AT.

Para os outros (14) estudantes, tem-se que nove (9) deles, aumentaram suas notas a partir de quatro (4), ou seja, na AMCE esses alunos desenvolveram apenas os cálculos de média simples dos tempos de forma correta, já na AT, dois (2) deles desenvolveram tanto os cálculos de média simples de tempos, quanto à parte dos cálculos de velocidade média corretamente, ficando dessa forma com a nota sete (7). Por outro lado, sete (7) desses nove alunos, aumentaram suas notas de Desempenho para nove (9). Para os últimos cinco (5) estudantes, tem-se que: um (1) aumentou sua nota de três (3) para nove (9); dois (2) aumentaram de dois (2) para quatro (4); um (1) aumentou de dois (2) para nove (9) & um (1) aumentou de zero (0) para quatro (4).

Para esse grupo, é possível observar que desses vinte e três (23) estudantes que tiveram aumento no seu desempenho dezoito deles (18) deles aumentaram para a nota máxima nove (9). Sendo assim, observa-se uma tendência predominante de aumento para a nota máxima. Os outros cinco (5) aumentaram respectivamente suas notas para quatro (4) e sete (7).

Observando-se o conjunto dessa primeira análise, tem-se que para os três grupos de alunos, a saber, os que diminuíram, mantiveram ou aumentaram suas notas de *Desempenhos* entre as duas atividades escolares, existem três tendências de variações de desempenhos predominantes, são elas: a) diminuir as notas a partir de nove (9) com quarenta e três (43) ou ≈37,71% alunos; b) mante-las em nove (9) com trinta e cinco (35) ou ≈30,70% educandos; e c) aumenta-la para nove (9) com dezoito (18) ou ≈15,78% estudantes.

Esses números totalizam noventa e seis (96) alunos, ou seja, ≈84,21%. Do restante de alunos, apenas dezoito (18) aproximadamente 15,78% do educandos, não foram inseridos em nenhuma dessas três tendências predominantes por apresentarem flutuações de notas de *Desempenho* diversas. Por fim, é importante destacar aqui, que as análises apresentadas nas próximas seções, serão orientadas a partir dos números expostos nesses dois últimos parágrafos.

8.2.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Diagramas de Notas de Desempenho

A partir da primeira analise quantitativa na seção anterior, é possível observar numericamente todas as variações das notas de *Desempenho* dos 114 estudantes. Contudo, novamente não é possível explicitar quais estudantes tiveram tais variações. Assim, será feito aqui, uma explicitação dos estudantes a partir de suas respectivas notas nas atividades escolares. Nesse sentido, iniciaremos as discussões pelos Diagramas 05 & 06 apresentados na próxima página.

Nessa perspectiva, a escala de notas de desempenho apresentada na no Quadro 05, também foi utilizada na construção de tais diagramas. Novamente, a primeira coluna é a nota dos estudantes, a segunda coluna é a distribuição (ou explicitação) dos alunos de acordo com as suas notas e por

fim, na terceira coluna, estão as frequências totais de estudantes contabilizados por suas notas.

No Diagrama 05, por exemplo, na segunda coluna, o símbolo ($\bullet_j$) representa um dos estudantes que compôs uma das 57 duplas na AMCE e que, posteriormente, participou individualmente da AT. Assim, por exemplo, o símbolo $\bullet_{10}$ representa um dos dois estudantes da décima dupla do *Estudo V*.

É importante destacar ainda, no que diz respeito à variação das notas de desempenho na AMCE comparada à AT, que no Diagrama 06, segunda coluna, os símbolos ($\bullet_j$) representam os estudantes que mantiveram o mesmo desempenho nas duas atividades, os símbolos ($\blacktriangle_j$) mostram aqueles que aumentaram os seus desempenhos entre as atividades e, os símbolos ($\blacktriangledown_j$) indicam os que diminuíram os seus desempenhos.

Diagrama 05: *Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no Desenvolvimento das Relações Matemáticas de Média Simples e Velocidade Média na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória.*

9	$\bullet_1\bullet_1$ $\bullet_2\bullet_2$ $\bullet_3\bullet_3$ $\bullet_4\bullet_4$ $\bullet_6\bullet_6$ $\bullet_8\bullet_8$ $\bullet_9\bullet_9$ $\bullet_{10}\bullet_{10}$ $\bullet_{12}\bullet_{12}$ $\bullet_{14}\bullet_{14}$ $\bullet_{15}\bullet_{15}$ $\bullet_{16}\bullet_{16}$ $\bullet_{17}\bullet_{17}$ $\bullet_{18}\bullet_{18}$ $\bullet_{20}\bullet_{20}$ $\bullet_{21}\bullet_{21}$ $\bullet_{22}\bullet_{22}$ $\bullet_{25}\bullet_{25}$ $\bullet_{26}\bullet_{26}$ $\bullet_{27}\bullet_{27}$ $\bullet_{28}\bullet_{28}$ $\bullet_{31}\bullet_{31}$ $\bullet_{33}\bullet_{33}$ $\bullet_{34}\bullet_{34}$ $\bullet_{37}\bullet_{37}$ $\bullet_{38}\bullet_{38}$ $\bullet_{39}\bullet_{39}$ $\bullet_{40}\bullet_{40}$ $\bullet_{41}\bullet_{41}$ $\bullet_{43}\bullet_{43}$ $\bullet_{44}\bullet_{44}$ $\bullet_{45}\bullet_{45}$ $\bullet_{46}\bullet_{46}$ $\bullet_{47}\bullet_{47}$ $\bullet_{48}\bullet_{48}$ $\bullet_{49}\bullet_{49}$ $\bullet_{52}\bullet_{52}$ $\bullet_{53}\bullet_{53}$ $\bullet_{55}\bullet_{55}$	*78*
8	$\bullet_{54}\bullet_{54}$	*2*
7	$\bullet_{23}\bullet_{23}$ $\bullet_{30}\bullet_{30}$ $\bullet_{32}\bullet_{32}$ $\bullet_{36}\bullet_{36}$	*8*
6	$\bullet_{50}\bullet_{50}$	*2*
5		*0*
4	$\bullet_{11}\bullet_{11}$ $\bullet_{13}\bullet_{13}$ $\bullet_{19}\bullet_{19}$ $\bullet_{24}\bullet_{24}$ $\bullet_{29}\bullet_{29}$ $\bullet_{35}\bullet_{35}$ $\bullet_{51}\bullet_{51}$	*14*
3	$\bullet_5\bullet_5$	*2*
2	$\bullet_{42}\bullet_{42}$ $\bullet_{56}\bullet_{56}$	*4*
1		*0*
0	$\bullet_7\bullet_7$ $\bullet_{57}\bullet_{57}$	*4*

Dessa forma, com o auxílio desses dois diagramas, é possível saber quais são os alunos que aumentaram, mantiveram ou diminuíram suas notas entre as duas atividades escolares. Assim, a partir dessas ferramentas de analise, torna-se possível, por exemplo, investigar mesmo que de forma parcial, qual foi à influência nas notas de desempenho dos estudantes, o fato da AMCE ter sido realizada em dupla e a AT de forma individual. Tal analise pode ser utilizada para explicar, pelo menos em parte, as variações das notas descritas na seção anterior.

Nesses dois diagramas, observam-se como se deu a variação das notas de *Desempenho* de cada aluno no desenvolvimento da atividade de *Avaliação Trimestral* – **AT** após o intervalo de 4,5 dias da aplicação da *Atividade de Modelagem Computacional Exploratória* – **AMCE**.

Diagrama 06*: *Diagramas do Desempenho, dos Estudantes, no Desenvolvimento das Relações Matemáticas de Média Simples e Velocidade Média na Avaliação Trimestral

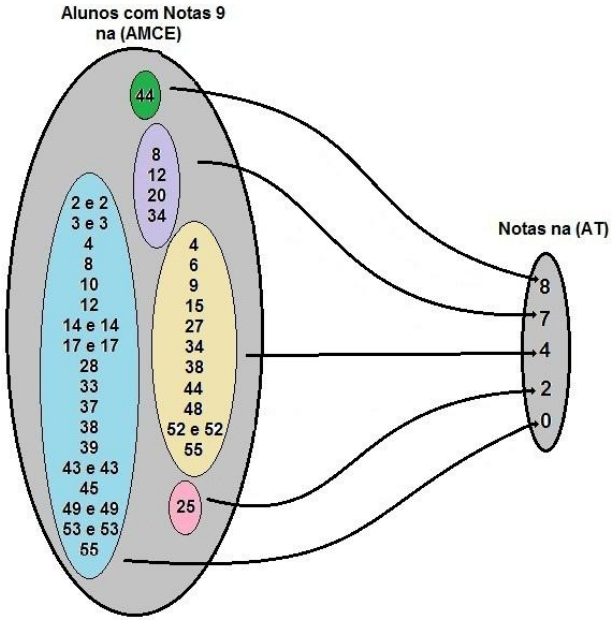
9	●1●1 ▲5 ●6 ●9 ●10 ▲13 ●15 ●16●16 ●18●18 ●20 ●21●21 ●22●22 ▲23 ▲24 ▲24 ●25 ●26●26 ●27 ●28 ▲29▲29 ▲30 ●31●31 ▲32▲32 ●33 ▲35 ▲36▲36 ●37 ●39 ●40●40 ●41●41 ●45 ●46●46 ●47●47 ●48 ▲50 ▲51 ▲54▲54 ▲56	*53*
8	▼44	*1*
7	▼8 ▲11 ▼12 ▲19 ▼20 ●23 ▼34	*7*
6		*0*
5		*0*
4	▼4 ▼6 ▼9 ●11 ▼15 ▼27 ▼34 ▼38 ▲42 ▼44 ▼48 ▼50 ▼52 ▼52 ▼55 ▲56 ▲57	*17*
3		*0*
2	▼25	*1*
1		*0*
0	▼2▼2 ▼3▼3 ▼4 ▼5 ●7●7 ▼8 ▼10 ▼12 ▼13 ▼14▼14 ▼17▼17 ▼19 ▼28 ▼30 ▼33 ▼35 ▼37 ▼38 ▼39 ▼42 ▼43 ▼43 ▼45 ▼49 ▼49 ▼51 ▼53 ▼53 ▼55 ●57	*35*

Por fim, vale destacar ainda que para uma melhor visualização da dinâmica de notas dos alunos, a análise será feita a partir do número de alunos que: *diminuíram* suas notas a partir de nove (9) – quarenta e três (43) ou ≈ 37,71%; *mantiveram* suas notas em nove (9) – trinta e cinco (35) ou ≈ 30,70%; *aumentaram* suas notas para nove (9) – dezoito (18) ou ≈ 15,78% e por fim, os alunos que tiveram *variações diversas* das suas notas – dezoito (18) ou ≈ 15,78%.

8.2.2.1 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Diminuíram suas Notas de Desempenho a Partir da Nota Máxima – 43 ≈ 37,71%

As analises dessa subseção serão moldadas a partir dos estudantes que tiveram decréscimo de desempenho, entre as duas atividades escolares, a partir da nota nove (9). Como foi exposto anteriormente quarenta e três (43) alunos possuem esse perfil, ou seja, diminuir o desempenho a partir da nota máxima. Assim, com auxílio dos Diagramas 05 & 06, foram produzidos *Organogramas* que, diferentemente dos diagramas, apresentam separadamente esses quarenta e três (43) alunos.

Assim, nesses organogramas os números mostrados dentro das elipses menores à esquerda, que por sua vez estão inseridas em uma única elipse maior, Organograma 04, representam os quarenta e três (43) alunos que participaram das duas atividades, inicialmente em duplas (AMCE) e posteriormente de forma individual (AT). Por fim, na elipse à direita estão às notas que tais alunos obtiveram na *avaliação trimestral*.



Organograma 04: *Estudantes que na* ***AMCE*** *Tiveram Notas 9 e posteriormente Diminuíram suas Notas para 8, 7, 4, 2 e 0 na* ***AT***

Assim, no Organograma 04, podem-se observar quais são os 43 estudantes que diminuíram seus desempenhos entre as duas atividades a partir de 9 para as notas 8, 7, 4, 2 e 0 respectivamente. Nessa perspectiva, tem-se que tais educandos conseguiram desenvolver completamente os cálculos de média simples e velocidade média na AMCE e, posteriormente não repetiram tal desempenho na AT.

Assim, a partir do Organograma 04, pode-se observar, por exemplo, que o aluno indicado pelo número {*44*}, elipse verde, teve uma queda mínima de nota, uma vez que para ele, esse decréscimo foi apenas de um ponto, ou seja, de 9 para 8. Assim, de acordo com a escala de notas desse estudo, Quadro 05, tal educando desenvolveu na AT cinco cálculos corretos de forma integral não desenvolvendo apenas um dos cálculos de velocidade média.

Ainda em relação ao aluno {*44*} da elipse verde, pode-se observar que o seu parceiro de dupla, indicado também pelo número {*44*}, porém, localizado

na elipse amarela, também diminuiu a sua nota. Contudo, para esse último educando, a queda de nota foi mais acentuada, ou seja, de 9 para 4.

Para os estudantes representados pelos números {*8, 12, 20 e 34*} elipse rocha, pode-se considerar que a queda de nota também foi pequena, uma vez que para eles, tal decréscimo foi apenas de dois pontos, ou seja, de 9 para 7. Assim, esses quatro educandos desenvolveram na AT quatro cálculos de forma integral: dois de médias simples do tempo e dois de velocidade média. Os seus respectivos parceiros de duplas obtiveram na AT as notas 0, 0, 9 e 4.

Na elipse amarela do Organograma 04, existem 12 estudantes, são eles: {*4, 6, 9, 15, 27, 34, 38, 44, 48, 52, 52 e 55*}[1], todos caracterizados por uma queda de 5 pontos em suas notas. Essa queda indica que na AT, esses estudantes conseguiram desenvolver todos os cálculos de média simples dos tempos, porém, os cálculos da velocidade média não foram executados de forma correta.

Nesse conjunto de doze alunos, é possível observar que dois deles são da mesma dupla, nesse caso, os alunos representados pelos dois números 52. Assim, para essa dupla pode-se concluir que as notas de *Desempenho* dos dois estudantes diminuíram na mesma proporção nesse caso, de nove (9) para quatro (4). Porém, para o restante dos educandos desse conjunto, os seus parceiros obtiveram as notas 0, 9, 9, 9, 9, 7, 0, 8, 9 e 0 respectivamente.

Para o aluno indicado pelo número {*25*}, elipse rosa, a queda de nota foi bem acentuada, uma vez que para ele, esse decréscimo foi de 7 pontos, ou seja, de 9 para 2. Assim, esse educando desenvolveu na AT apenas dois cálculos corretos de média simples dos tempos. Por outro lado, o seu parceiro de dupla obteve a nota máxima de nove (9) nas duas atividades.

Por fim, na elipse azul, encontram-se os 25 educandos que tiveram nota máxima de 9 na AMCE e posteriormente na AT obtiveram a nota mínima de zero (0), são eles: {*2, 2, 3, 3, 4, 8, 10, 12, 14, 14, 17, 17, 28, 33, 37, 38, 39, 43,*

[1] Os estudantes indicados pelo número 52 formam uma dupla que teve os mesmos desempenhos na AMCE e na AT por esse motivo foram sublinhados, tal procedimento será adotado para todas as duplas que tiveram essa mesma característica.

43, 45, 49, 49, 53, 53 e 55}. Dessa forma, para esse grupo de alunos, observa-se que as suas notas caíram 9 pontos entre as duas atividades.

Para esse grupo de 25 alunos, na seção 8.2.1, foi levantada a hipótese de que: *"na atividade de modelagem computacional, os alunos trabalharam em duplas com apenas um roteiro de atividades para os dois estudantes, tal situação pode ter ocasionado o maior engajamento e desempenho de apenas um dos dois estudantes da dupla"*. Dessa forma, tal hipótese pressupõe de que nesse grupo, todos os alunos deveriam ser de duplas diferentes.

Porém, como pode ser observado, dentro de tal grupo existem sete (7) duplas, são elas: {*2, 2, 3, 3, 14, 14, 17, 17, 43, 43, 49, 49 e 55, 55*}. Assim, a hipótese levantada na seção 8.2.1 e repetida no parágrafo anterior, não é satisfatória para explicar tal decréscimo de notas para esses quatorze (14) educandos, pois, essa queda acentuada ocorreu para os dois alunos das duplas. Assim, a hipótese de maior engajamento e desempenho de apenas um dos estudantes, não é valida para tais alunos.

Mesmo para os outros 11 educandos, quais sejam: {*4, 8, 10, 12, 28, 33, 37, 38, 39, 45, 55*}, a hipótese levantada na seção, só poderia ser aceita se o outro aluno da dupla tiver uma nota alta como, por exemplo, 7, 8 e 9. Nesse sentido, o que se observa dentro desse subgrupo de 11 alunos, são que os seus parceiros obtiveram notas iguais a 4, 7, 9, 7, 9, 9, 9, 4, 9, 9 e 4 respectivamente.

Assim, temos que tal hipótese só pode explicar um decréscimo tão acentuado de notas apenas para os estudantes: {*8, 10, 12, 28, 33, 37, 39 e 45*}, cujos parceiros obtiveram notas altas nesse caso, 7 ou 9. Para os alunos {*4, 38 e 55*} tal hipótese também não é satisfatória, pois, para esses estudantes foi observado também, um decréscimo acentuado na nota de seus parceiros de dupla nesse caso, cinco (5) pontos, ou seja, de 9 para 4.

Do que foi analisado até o momento para esses vinte e cinco (25) alunos, constatamos que a nossa hipótese inicial só pode explicar o decréscimo acentuado de notas, para oito (8) deles, ou seja, aproximadamente 1/3 desse total, para os outros 2/3 a nossa hipótese inicial não pode ser válida.

Para esses dois terços (2/3) de alunos, pode-se tentar explicar essa queda acentuada de desempenho, por exemplo, a partir Magalhães *et al*. (2002) que em pesquisa sobre o estudo de movimentos a partir da perspectiva da modelagem computacional, constatou a partir de uma avaliação diagnóstico, que em geral os alunos do ensino médio das escolas públicas apresentam falta de pré-requisito em matemática para o estudo do movimento.

Uma segunda alternativa, que pode complementar essa suposta falta de pré-requisito, é o fato que de na atividade com modelagem computacional exploratória, os alunos desenvolveram os conteúdos no laboratório de informática com o auxílio do professor quando necessário, tanto para a execução das simulações e coleta de dados quanto em eventuais dúvidas nos procedimentos de cálculo assim, tais situações podem ter ocasionado um maior desempenho nas atividades propostas, porém, sem fazer com que os estudantes tivessem um real engajamento na resolução das atividades propostas.

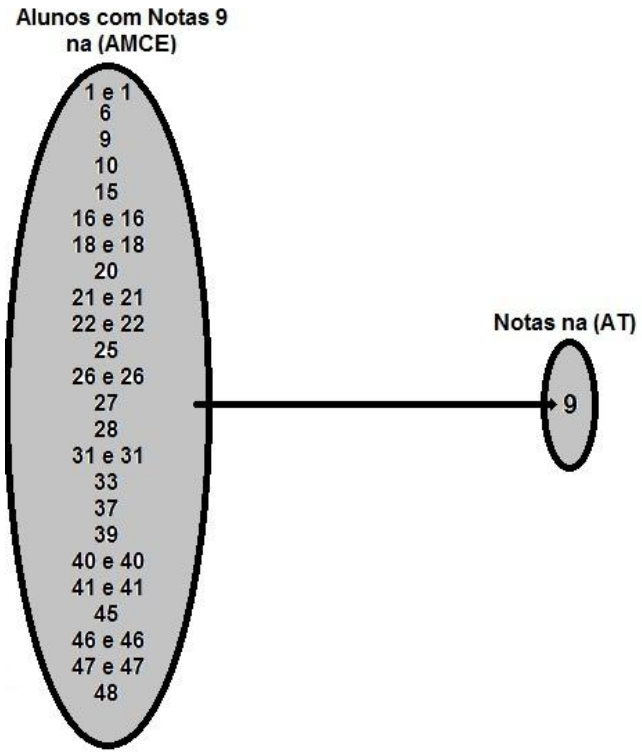
Por fim, a conjunção desses três fatores, quais sejam: as duplas utilizarem apenas um roteiro de atividades; uma suposta falta de pré-requisito para executar cálculos matemáticos referentes ao conteúdo de movimentos de corpos e por fim, falta de um real engajamento nas atividades do laboratório de informática podem explicar, em sua quase totalidade, esse decréscimo tão acentuado de desempenho para esse grupo de vinte e cinco (25) educandos.

8.2.2.2 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Mantiveram suas Notas no Valor Máximo – 35 ≈ 30,70%

Continuando as analises dessa seção, no Organograma 05, são mostrados todos os alunos que mantiveram a nota máxima nas duas atividades. Como foi exposto anteriormente, 35 estudantes possuem esse comportamento. Da mesma forma que na seção anterior, o *Organograma 05* foi produzido com o auxílio dos *Diagramas 05 & 06*, nele pode-se observar separadamente esses 35 educandos.

Dessa forma, podem-se observar no organograma que 35 estudantes obtiveram nota máxima nas duas atividades, 22 deles são compostos por

alunos da mesma dupla, são eles: {*1, 1, 16, 16, 18, 18, 21, 21, 22, 22, 26, 26, 31, 31, 40, 40, 41, 41, 46, 46, 47 e 47*}. Assim, para tais educandos, pode-se levantar uma hipótese contrária à hipótese inicial proposta para os 25 alunos representados na elipse azul do *Organograma 04*, ou seja, na atividade de modelagem computacional, o fato dos alunos terem trabalhado em duplas e com apenas um roteiro de atividades para os dois estudantes, parece não ter ocasionado maior engajamento e nem melhor desempenho na AT de apenas um dos estudantes da dupla, pois, ambos obtiveram nota 9 na duas atividades escolares. Da mesma forma, uma suposta falta de pré-requisito para efetuar cálculos de movimentos de corpos e também, falta de engajamento nas atividades propostas não podem ser atribuídas a esse grupo de alunos.



Organograma 05: *Estudantes que na **AMCE** Tiveram Notas 9 e posteriormente Mantiveram as suas Notas em 9 na **AT***

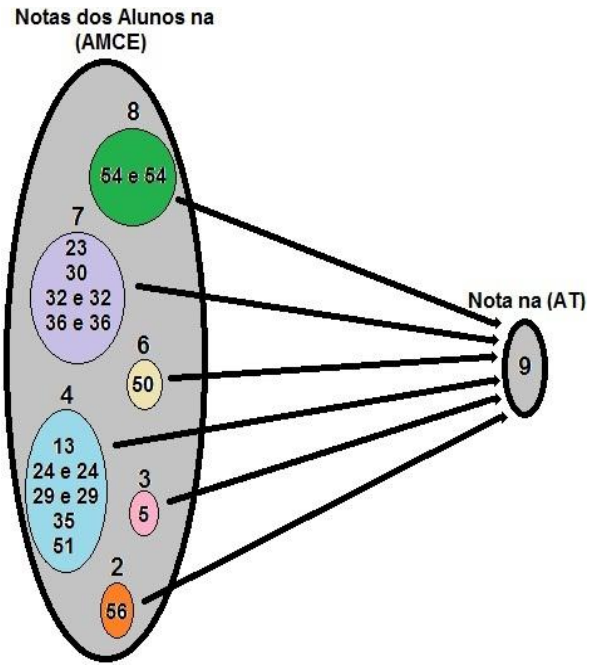
Para os outros 13 alunos {*6, 9, 10, 15, 20, 25, 27, 28, 33, 37, 39, 45 e 48*}, observa-se que seus parceiros de duplas não obtiveram o mesmo desempenho máximo na **AT**. Nesse sentido, tem-se que as respectivas notas dos seus parceiros de duplas são: 4, 4, 0, 4, 7, 2, 4, 0, 0, 0, 0, 4. Assim, para seis desses alunos, seus pares diminuíram a nota na AT para 0 ou 2, notas consideradas baixas; para os outros seis educandos, seus parceiros

diminuíram o desempenho para 4 ou 7, ou seja, notas que podem ser consideradas médias e altas respectivamente.

8.2.2.3 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Aumentaram suas Notas para o Valor Máximo – 18 ≈ 15,78%

No *Organograma 06*, são mostrados os alunos que aumentaram seus desempenhos para o valor máximo de nove (9) na AT. Nesse organograma, os números mostrados dentro das elipses menores à esquerda, que por sua vez estão inseridas em uma única elipse, representam os 18 estudantes das duplas de acordo com as suas notas na AMCE. Por fim, na elipse à direita estão às notas que tais alunos obtiveram na AT, nesse caso, todos com a nota máxima de nove (9). Como foi exposto na seção anteriormente, 18 educandos possuem esse perfil de comportamento.

Como pode ser observado em tal organograma temos que, dos estudantes que aumentaram suas notas para 9 na AT, dez deles, a saber: {*24, 24, 29, 29, 32, 32, 36, 36, 54 e 54*} fizeram em conjunto com seus parceiros de duplas na AMCE. Nesse sentido, tais estudantes aumentaram suas notas a partir de 4, 7 e 8 respectivamente, ou seja, de notas que vão aproximadamente do valor médio até um valor auto.



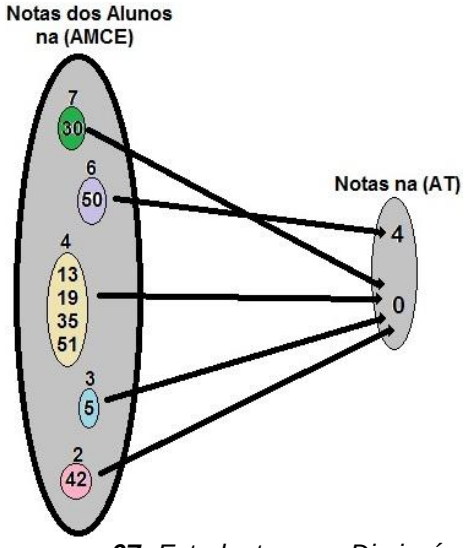
Organograma 06: *Estudantes que Aumentaram suas Notas Para 9 Entre as Duas Atividades Escolares*

Para os outros 8 alunos, a saber: {*5, 13, 23, 30, 35, 50, 51 e 56*} esse aumento de nota para o máximo, não foi acompanhado por seus respectivos parceiros de duplas. Nesse aspecto, temos que as notas dos parceiros desses alunos na AT foram: 0, 0, 7, 0, 0, 4, 0 e 4. Assim, observa-se que os pares de duplas dos alunos {*5, 13, 30, 35 e 51*} diminuíram suas notas para o valor mínimo de zero, enquanto que os parceiros dos alunos {*23, 50 e 56*} mantiveram, diminuíram e aumentaram respectivamente para as notas 7, 4 e 4.

8.2.2.4 – Explicitação dos Estudantes a partir de Organogramas de Notas de Desempenho: Educandos que Tiveram Variações Diversas nas Notas de Desempenho – 18 ≈ 15,78%

Para os dezoito alunos (18) alunos restantes, observa-se que houve variações diversas de notas, mas, para nenhum deles a nota foi máxima em nenhuma das duas atividades. Para esse grupo temos educandos que diminuíram, permaneceram ou aumentaram as notas entre as atividades.

Assim, os *Organogramas 07, 08 & 09*, mostram respectivamente como foram essas variações de notas para esse grupo de alunos.

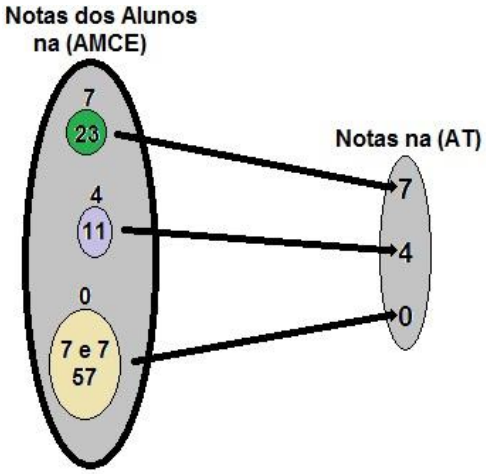


Organograma07: *Estudantes que Diminuíram suas Notas Para 4 e 0 Entre as Duas Atividades Escolares*

Como pode ser observado no organograma acima oito alunos, a saber: {*30, 50, 13, 19, 35, 51, 5 e 42*} diminuíram suas notas, para os valores de 4 ou 0. Para os pares desses estudantes, temos que os desempenhos na AT são respectivamente: 9, 9, 9, 7, 9, 9, 9 e 4. Assim, nota-se que todos os parceiros de duplas desse grupo aumentaram suas notas entre as avaliações, ou seja,

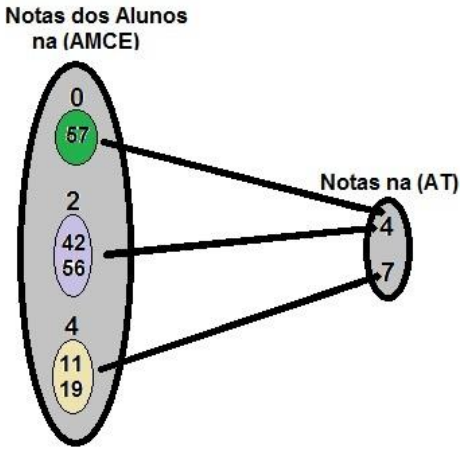
nesse grupo de educandos na AT um dos estudantes aumentou a nota e o outro diminuiu.

No Organograma 08 mostrado abaixo, estão explicitados os alunos que permaneceram com as mesmas notas entre as duas atividades, porém, com nota diferente de nove (9). Nesse sentido, pode-se observar que:



Organograma 08: *Estudantes que Permaneceram com as Notas Para 7, 4 e 0 nas Duas Atividades Escolares*

Como pode ser observado acima, existem cinco (5) alunos que mantiveram suas notas nas duas atividades, são eles: {*23, 11, 7, 7 e 57*}. Para esses estudantes, observa-se que existe apenas uma dupla que nesse caso, manteve a nota em 0, para os outros três estudantes, as notas dos seus respectivos parceiros foram: 9, 7 e 4 assim, para os parceiros desses três estudantes observa-se que todos eles aumentaram suas notas na **AT**.



Organograma 09*: Estudantes que Aumentaram suas Notas Para 4 e 7 Entre as Duas Atividades Escolares*

Por fim, como pode ser observado no organograma acima, apenas cinco alunos aumentaram suas notas para um valor diferente de nove (9) entre as

duas atividades escolares. Nesse sentido, observa-se que nenhum deles, aumentou a nota com seu parceiro de duplas.

Nesse sentido, os alunos {*42, 56 e 57*} aumentaram suas notas para 4, por outro lado, seus parceiros de duplas tiveram notas na AT de: 0, 9 e 0 respectivamente. Os educandos {*11 e 19*} aumentaram suas notas de 4 para 7, seus parceiros de duplas tiveram notas de: 4 e 0 respectivamente. No próximo capítulo serão estabelecidas as considerações ou conclusões finais dessa investigação.

Capítulo IX:

Conclusões Finais

9.1 – Introdução

Dentro da conjuntura de interesse dessa investigação os conceitos de *Modelos* e *Modelagem*; são utilizados no cenário específico dos *Modelos, Modelagem, Simulações e Visualizações Computacionais*, todos discutidos e definidos no *Capítulo II* focando-se tais temáticas na educação. Para tal foco, utilizou-se o Ambiente/Software de Modelagem Computacional o ModeLab^{2D}.

Acredita-se que tais conceitos & tecnologias computacionais, tenham potência para se constituírem como um possível caminho para práticas inovadoras de *Ensino-Aprendizagem*, em especial na Física e dessa forma, possibilitar que os conhecimentos científicos possam ter uma maior possibilidade de desenvolvimento e consolidação no ambiente escolar.

Assim, nesse capítulo, serão construídas as conclusões finais referentes a essa investigação mais especificamente, em relação as Atividades *IV & V* que compõe os dados analisados nessa pesquisa. Cabe ressaltar que tais conclusões terão como eixo norteador as *Questões Básicas de Pesquisas* expostas no *Capítulo IV* denominado de *Concepção do Estudo*.

9.2 – Como caracterizar o desempenho dos estudantes sobre a definição científica de corrente elétrica em um condutor metálico através das visualizações dos modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*?

Como foi apresentado, descrito e analisado no *Capítulo V*, os resultados dessa parte específica do estudo apontam que os desempenhos dos educandos podem ser separados em duas partes: a primeira, relacionada às atividades feitas em sala de aula a partir das visualizações computacionais (AMCE) e a segunda, feita em média seis (6) dias depois, na *Avaliação Trimestral* (AT).

Inicialmente, é importante ressaltar que as visualizações dos modelos computacionais parecem ter propiciado aos estudantes a constatação de que, independente de se estabelecer uma corrente ou não em um condutor metálico, as cargas elétricas estarão sempre presentes em seu interior e superfície. Nessa direção, é importante destacar que 100% dos alunos responderam de forma satisfatória os dois primeiros questionamentos das questões 01 & 03 do *Roteiro de Atividades* (Anexo B), a saber: *se existem ou não cargas elétricas no interior de um condutor sem e com tensão respectivamente* (vide *Tabelas 05 & 06*).

Contudo, o foco principal dessas duas questões supramencionadas era conduzir os estudantes a diferenciarem quando um condutor metálico está sendo percorrido por uma corrente elétrica, em comparação a quando este não está sendo percorrido por corrente alguma.

Assim, a partir das analises dos dados, nota-se que as visualizações computacionais parecem ter propiciado aos estudantes, na primeira parte das atividades escolares, a capacidade para formularem ***Descrições*** & ***Descrições com Justificativas*** que diferenciam claramente as duas situações em analise, *Tabelas 05 & 06*.

Nesse sentido, é importante destacar que sessenta e seis (66) ou 88% dos educandos deram respostas totalmente corretas; oito (8) ou ≈10,67%

formularam proposições parcialmente corretas e apenas um (1) ou ≈1,33% aluno construiu uma resposta totalmente incorreta, vide *Diagrama 01*.

As respostas formuladas pelos educandos versam sobre: as características de movimentação das cargas nas duas situações distintas, enfatizando que tais movimentos formam ou não corrente elétrica (dependendo do modelo computacional visualizado), justificando ainda, que os movimentos são provocados pelas configurações dos campos, pela diferença de potencial ou a partir de forças elétricas. A única resposta que não enfatiza a movimentação das partículas é a resposta caracterizada pela sigla $CO6^{6}$ da Tabela 06, que destaca apenas as configurações dos campos elétricos na situação de corrente elétrica, porém, sem mencionar os movimentos das partículas.

Assim, nas atividades baseadas em visualizações computacionais, pode-se observar que os educandos conseguiram desenvolver, em sua maioria, de forma satisfatória ou esperada a definição científica de corrente elétrica. Além de descrever o que observavam nos modelos computacionais, muitas vezes, justificavam as diferenças existentes nas movimentações dos elétrons nos condutores metálicos quando este é ou não é percorrido por uma corrente elétrica. A *Tabela 08* do *Capítulo V* define as características de todas as respostas catalogadas tanto no estudo com os modelos computacionais quanto na *Avaliação Trimestral* (AT).

Na segunda parte das atividades escolares: avaliação trimestral, os educandos em sua maioria, também, mostraram capacidade para formular descrições que diferenciaram claramente as duas situações propostas pela questão 01, item (a) da prova escrita (Anexo C). Nesse sentido, é importante destacar que cinquenta e sete (57) ou 76%, dos educandos deram respostas corretas sendo que a maioria delas foi classificada como corretas e completas e apenas uma pequena fração desse subtotal foi considerada correta, porém, incompleta & por fim, dezoito (18) ou 24% dos alunos deram respostas incorretas, vide *Diagrama 01*.

Cabe destacar ainda, que na AT todas as respostas consideradas corretas, versavam unicamente e exclusivamente sobre a diferenciação dos

movimentos dos elétrons nos dois fios em questão, a saber: com e sem diferença de potencial (DDP). As justificativas anteriormente observadas na atividade com visualização computacional para justificar as movimentações observadas das partículas no modelo computacional, tais como: as *configurações de campos*, *diferença de potencial & forças elétricas* não foram utilizadas nessa segunda parte da atividade escolar, vide *Tabela 07*.

Talvez, tal constatação possa ser explicada a partir do enunciado da questão elaborada para essa avaliação trimestral que, em seu texto, enfatizava para se diferenciar em dois fios metálicos, um com e outro sem DDP, como a movimentação das cargas ocorrem. Não deixando assim, margem para se justificar quais seriam as causas dessas movimentações.

9.3 – Como caracterizar o desempenho dos educandos sobre as configurações dos campos elétricos no interior de um condutor metálico, através de visualizações dos modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*?

Os dados utilizados para se responder essa questão de pesquisa derivam do Capítulo VI, os resultados dessa parte específica do estudo apontam novamente para que os desempenhos dos educandos sejam analisados em duas partes: a primeira, relacionada às atividades feitas em sala de aula a partir das visualizações computacionais (AMCE) e a segunda, feita em média seis (6) dias depois, na avaliação trimestral.

Inicialmente, é importante ressaltar que as simulações e visualizações dos modelos computacionais parecem ter propiciado aos estudantes a constatação de que, independente de se estabelecer uma diferença de potencial (DDP) ou não, entre dois pontos quaisquer de um condutor metálico, os campos elétricos estarão sempre presentes em seu interior. Nesse sentido, mais uma vez é importante ressaltar que 100% dos estudantes responderam de forma correta ao primeiro questionamento da questão 02 (Anexo B) do roteiro de atividades, a saber: *se existem campos no interior de um condutor metálico se este não estiver submetido a uma diferença de potencial* (Tabela 09).

Por outro lado, setenta e quatro (74) ou aproximadamente 98,66% alunos responderam de forma satisfatória ao primeiro questionamento da questão 04 do roteiro de atividades (Anexo B), ou seja, *se existem campos elétricos no interior de um condutor metálico se este estiver submetido a uma DDP*. Nessa direção, apenas um (1) aluno ou aproximadamente 1,34% não conseguiu responder o último questionamento, deixando-o em branco, vide *Tabela 10*.

Contudo, o foco principal das duas questões supramencionadas eram conduzir os estudantes a diferenciarem, em um condutor metálico, as diferenças de configuração ou organização dos campos elétricos quando o metal está submetido a uma voltagem em comparação a quando este, não está submetido a nenhuma diferença de potencial.

Assim, a partir dos dados expostos no Capítulo VI, nota-se novamente que as visualizações computacionais parecem ter promovido aos estudantes, na primeira parte das atividades escolares, a capacidade para formularem ***Descrições*** & ***Descrições com Justificativas*** que diferenciam claramente as duas situações em analise, ou seja, a diferenciação das configurações de campos elétricos sem e com voltagem.

Nessa direção é importante destacar que: cinquenta e três (53) ou ≈ 70,66% deram respostas completamente corretas; vinte (20) ou ≈26,66% formularam proposições parcialmente corretas e apenas dois (2) ou ≈2,66% alunos construíram respostas insatisfatórias ou totalmente incorretas (*Diagrama 02*).

As respostas consideradas corretas versam sobre as características de organização dos campos elétricos nas duas situações distintas; ressaltam que as configurações dos vetores observadas, sem e com diferença de potencial não formam e formam correntes elétricas respectivamente; enfatizam também, os movimentos desordenados das cargas a partir das configurações aleatórias dos campos elétricos e ainda, comparam os campos sem e com tensão atribuindo ao primeiro, desorganização e ao segundo uniformidade.

No outro sentido, as respostas consideradas incorretas, possuem em sua estrutura, argumentações distintas, são elas: formular respostas

(conceitualmente corretas) sobre o movimento das partículas e não sobre as configurações dos campos; respostas com erros conceituais & em branco.

Outro aspecto relevante dessa parte do módulo educacional, quando comparado às atividades descritas e analisadas na seção anterior, está relacionado ao fato de que nas questões 02 & 04 do roteiro de atividades era também solicitado aos estudantes que após as simulações e visualizações dos modelos computacionais, se representassem as configurações dos vetores campos elétrico sem o com diferença de potencial. Tais representações se constituíam como a terceira tarefa das questões supramencionadas.

Como pode se observou no *Diagrama 02* do *Capítulo VI*, nos índices sobrescritos entre colchetes, tem-se que: quarenta e um (41) ou aproximadamente 54,66% representaram de forma totalmente correta os vetores sem o com diferença de potencial; trinta e um (31) alunos ou ≈ 41,34% fizeram representações dos vetores de campo, de forma correta, em pelos menos uma das questões e três (3) ou apenas 4% dos educandos não conseguiu representar ou representaram de forma incorreta tais campos nas duas situações.

Em relação aos trinta e um (31) alunos que fizeram uma das representações corretas e outra incorreta encontram-se dezesseis (16) educandos ou 21,34% que possuem como índices sobrescritos no *Diagrama 02*, a combinação [1,5], ou seja, a primeira representação, sem tensão, os campos foram desenhados aleatoriamente ou desordenadas e, na segunda representação, agora com diferença de potencial (DDP) esses campos foram construídos ordenadamente, com a direção correta, porém, com o sentido invertido nesse caso, da esquerda para a direita quando o correto seria da direita para a esquerda.

Dessa forma, pode-se supor que talvez, tais estudantes conseguiram observar as diferenças entre os campos no interior do condutor metálico sem e com DDP de forma correta, porém, quando foram representar o campo na segunda situação, inverteram o sentido correto dele.

Se tal hipótese for realmente correta, o número de estudantes que conseguiram diferenciar de forma satisfatória as duas situações exploradas

passa de quarenta e um (41) para cinquenta e sete (57) ou de aproximadamente 54,66% para exatos 76%.

Assim, nas atividades baseadas em simulações e visualizações computacionais, pode-se observar que os educandos conseguiram desenvolve-las, em sua maioria, de forma satisfatória ou esperada conseguindo muitas vezes, além de descrever o que observavam nas simulações e visualizações, justificar suas respostas e representar, em forma de “setas/flechas/vetores”, as diferenças que existem nas configurações dos campos elétricos em um condutor metálico, quando este não está ou está sendo submetido a uma tensão entre dois terminais quaisquer.

Com relação à segunda parte das atividades escolares: Avaliação Trimestral (AT). O que se observa em um primeiro momento é que os educandos, em sua maioria, não conseguiram diferenciar as duas situações propostas pela questão 01, item b (Anexo C). Nesse sentido, é importante destacar que vinte e um (21) ou 28%, dos educandos deram respostas corretas sendo que dezenove (19) delas foram respostas corretas e completas e apenas duas (2) foram corretas, porém, incompletas &, cinquenta e quatro (54) ou 72% dos alunos deram respostas insatisfatórias, vide novamente *Diagrama 02*.

Contudo, dos cinquenta e quatro (54) alunos que deram respostas consideradas insatisfatórias tem-se que dezoito (18) deles ou 24% responderam tal questão de forma correta, porém, ao invés de focar suas argumentações em relação à organização dos campos no metal, descreveram como seriam as movimentações dos elétrons nas duas situações em questão sem e com voltagem no condutor metálico: vide *Tabela 11*, categoria IN1[11].

Dessa maneira, pode-se novamente se supor que talvez, tais estudantes conseguissem também, descrever a diferença em relação aos campos elétricos no metal, contudo não conseguiram interpretar a questão da forma correta. Se tal hipótese for verdadeira o número de acertos seria de trinta e nove (39) e não apenas vinte e um (21), ou seja, na avaliação trimestral o percentual de acerto subiria de 28% para 52%. Porém, não se pode afirmar que tal hipótese seja efetivamente correta para todos esses educandos.

Cabe destacar ainda, que na avaliação trimestral todas as respostas consideradas corretas, versavam unicamente e exclusivamente sobre a diferenciação dos campos nos dois fios em questão, a saber: sem e com diferença de potencial (DDP). As explicações, anteriormente observadas na atividade com visualização computacional que justificavam tais configurações como: relaciona-las a formação ou não de corrente elétrica ou aos movimentos desordenados ou ordenados dos elétrons não foram utilizadas nessa segunda parte da atividade escolar (*Tabela 11*).

Por fim, como se pode observar nos dados expostos nessa seção, a maior parte dos alunos conseguiu desenvolver as atividades relacionadas a visualizações computacionais. Por outro lado, houve um decréscimo acentuado quando tais atividades foram novamente desenvolvidas na avaliação trimestral.

9.4 – Como caracterizar o desempenho dos alunos no cálculo da corrente elétrica média em um condutor metálico através de simulações e produção de dados numéricos, pelo professor, nos modelos computacionais utilizados no *Estudo IV*?

Os dados utilizados para se responder essa questão de pesquisa foram analisados no *Capítulo VII*, novamente os desempenhos dos educandos serão analisados em duas partes: a primeira, relacionada às atividades feitas em sala de aula a partir das simulações computacionais com produção de dados numéricas (AMCE) e a segunda, feita em média seis (6) dias depois, na avaliação trimestral (AT).

Dessa forma, o foco principal dessa última parte do *Estudo IV* era propiciar aos estudantes o desenvolvimento dos procedimentos matemáticos necessários para se calcular a corrente elétrica média em um condutor metálico qualquer através da equação $\mathbf{i}_{\text{Média}} = \mathbf{Q}/\mathbf{\Delta t}$ e não apenas na situação específica modelada computacionalmente.

A partir das analises efetuadas no *Capítulo VII*, nota-se que as simulações com produção de dados numéricos gerados nos modelos computacionais pelo professor para se usar no roteiro de atividades, parecem

ter propiciado aos estudantes, pelo menos na primeira parte das atividades escolares, a capacidade de seguirem corretamente todos os procedimentos matemáticos necessários para se calcular a corrente elétrica média simulada, a saber: *somar o número total de elétrons*, *calcular o número médio de elétrons*, *calcular a carga elétrica média* & finalmente, *calcular a corrente elétrica média* simulada no modelo computacional.

Nesse sentido, é importante destacar que setenta (70) estudantes ou aproximadamente 93,34% deles efetuaram todos os cálculos de forma satisfatória alcançando assim a nota de desempenho máximo de cinco (5). Apenas cinco (5) alunos ou ≈ 6,66% formularam resoluções incompletas recebendo as notas de quatro (4), três (3) e dois (2) nessa primeira parte das atividades escolares: vide *Diagrama 03*.

Em relação a esses cinco alunos, pode-se concluir que nessa primeira parte da atividade escolar, o desenvolvimento dos procedimentos de cálculos não incluiu o cálculo da corrente elétrica, pois, a maior nota entre esses educandos foi quatro (4) que corresponde especificamente até o cálculo da carga média que passou pela seção transversal do condutor. A nota três (3) indica que o cálculo foi efetuado até a montagem da regra de três para se transformar o número médio de elétrons em número médio de carga, porém, sem a efetivação desse cálculo e por fim, a nota dois (2) indica que os procedimentos foram realizados até se encontrar o número médio de elétrons que passaram pelo metal.

Assim, nas atividades baseadas em simulações e produção de dados numéricos gerados nos modelos computacionais, pode-se observar que os educandos conseguiram desenvolve-las de forma satisfatória ou esperada conseguindo em sua quase totalidade, realizar todos os procedimentos de cálculos necessários para se calcular a corrente elétrica média simulada.

Na segunda parte das atividades escolares: *Avaliação Trimestral* (AT) os educandos, em sua maioria, não mostraram o mesmo desempenho para desenvolverem os procedimentos matemáticos necessários para efetuar os cálculos de uma corrente elétrica média como proposto pela questão 02 (Anexo C).

Nesse sentido, é importante destacar que dos setenta (70) alunos que inicialmente obtiveram nota máxima na ACME, apenas onze (11) ou aproximadamente 14,67% deles mantiveram tais desempenhos. Assim, para os outros cinquenta e nove (59) educandos ≈ 78,66% deles suas notas tiveram decréscimo, sendo que: cinco (5), dois (2), vinte e dois (22), dezoito (18) e doze (12) estudantes diminuíram seus desempenhos para quatro (4), três (3), dois (2), um (1) e zero (0) respectivamente. Vide *Tabela 14* ou *Diagrama 04*.

Nessa direção observa-se que um total sete (7) ou aproximadamente 9,33% dos educandos tiveram um pequeno decréscimo em suas notas evidenciando assim, que os mesmos conseguiram desenvolver uma parte considerável dos procedimentos matemáticos necessários para efetivar os cálculos da corrente elétrica média na AT.

Por outro lado, os outros cinquenta e dois (52) ou ≈ 69,34% dos alunos tiveram decréscimo considerável de desempenho, o que evidencia que a maior parte deles conseguiu desenvolver apenas a parte inicial ou nenhum dos procedimentos matemáticos solicitados na AT para se calcular a corrente elétrica média.

Por fim, como se pode observar nos dados expostos nessa seção, os educandos conseguiram um desempenho muito alto na primeira parte das atividades, porém, na AT observou-se um decréscimo acentuado de notas para a maior parte deles.

Nesse sentido, a média geral, ou seja, a soma de todas as notas dividida pelo número total de estudantes foi na AMCE de aproximadamente 4,84 e na AT ≈ 1,74. Contudo, abordagens quantitativas de conteúdos com modelos computacionais é uma possibilidade real para o ensino de Física que tem mostrado bons resultados de desempenho em atividades feitas em sala de aula com o auxílio do professor. Porém, se faz necessário, estabelecer investigações para se proporcionar também, subsídios para que tais conteúdos possam ser desenvolvidos de forma satisfatória fora do contexto específico de simulações computacionais.

9.5 – Como caracterizar o desempenho dos estudantes no cálculo da velocidade média de três automóveis através

de simulações e produção de dados numéricos, pelos alunos, no modelo computacional utilizado no *Estudo V*?

Os dados utilizados para se responder essa questão de pesquisa foram discutidos no *Capítulo VIII*, novamente os desempenhos dos educandos serão analisados em relação às atividades feitas em sala de aula a partir das simulações computacionais de dados numéricas (AMCE) para depois se analisar a avaliação trimestral (AT) feita em média 4,5 dias depois.

Dessa forma, o foco do *Estudo V* foi promover aos alunos o desenvolvimento dos procedimentos matemáticos para se calcular a velocidade média de um móvel qualquer através da equação $\mathbf{v}_{\text{Média}} = \Delta\mathbf{S}/\Delta\mathbf{t}$ e não apenas na situação representada especificamente pelo modelo computacional dessa atividade.

A partir das analises do *Capítulo VIII*, nota-se que as simulações com produção de dados numéricos pelos alunos através no modelo computacional parecem ter proporcionado para a maior parte deles, de forma mais evidente na primeira parte das atividades escolares, a capacidade de desenvolverem corretamente todos os procedimentos matemáticos necessários para se calcular a velocidade média dos automóveis do modelo, a saber: *soma dos tempos médios das cinco simulações realizadas por eles, cálculo do tempo médio*, *uso da equação da velocidade média para* finalmente, *se obter a velocidade média de cada um dos móveis*.

É importante destacar que na AMCE noventa (90) alunos ou ≈ 78,94% deles efetuaram a maior parte dos cálculos de forma satisfatória alcançando altas notas, a saber: setenta e oito (78), dois (2), oito (8) e dois (2) estudantes tiveram o desempenho de 9, 8, 7 e 6 respectivamente. Para os outros vinte e quatro (24) educandos aproximadamente 21,06% deles, tais notas variaram entre 4 e zero (0). Vide *Diagrama 05*

Para vinte e dois (22) desses vinte e quatro (24) alunos, pode-se concluir que nessa primeira parte da atividade escolar, o desenvolvimento quantitativo das atividades não incluiu o cálculo da velocidade média, pois, apenas dois (2) deles tiveram (3) como nota, ou seja, um tempo médio e uma velocidade média calculada de forma correta. Os desempenhos relacionados às notas 0, 1, 2 e 4

correspondem a nenhum cálculo correto ou somente cálculos de tempos médios respectivamente.

Assim, nas atividades baseadas em simulações com uso de dados numéricos gerados pelo modelo computacional, nota-se que os educandos conseguiram desenvolver de forma satisfatória ou esperada, com mais de 2/3 de sua totalidade, todas ou a maior parte dos os procedimentos matemáticos necessários para se calcular a velocidade média dos automóveis do modelo.

Na segunda parte das atividades escolares: *Avaliação Trimestral* (AT) os alunos mostraram uma pequena queda de desempenho para a realização dos cálculos. Nesse sentido tem-se que: sessenta e um (61) alunos tiveram notas entre 7 e 9 & sessenta e três (63) obtiveram desempenhos entre zero (0) e quatro (4). Vide *Diagrama 06*

É importante destacar que dos setenta e oito (78) alunos que inicialmente obtiveram nota máxima na ACME, trinta e cinco (35) conseguiram manter a mesma nota na AT. Para os outros quarenta e três (43) educandos houve decréscimo em seus desempenhos, sendo que: um (1), quatro (4), doze (12), um (1) e vinte e cinco (25) estudantes diminuíram seus desempenhos para 8, 7, 4, 2 e 0 respectivamente.

Nessa direção observa-se que um total cinco (5) ou aproximadamente 4,38% dos educandos tiveram um pequeno decréscimo em suas notas evidenciando assim, que os mesmos conseguiram desenvolver uma parte considerável dos procedimentos matemáticos necessários para efetivar os cálculos da velocidade média na AT.

Por outro lado, os outros trinta e oito (38) ou ≈ 33,34% dos alunos tiveram decréscimo considerável de desempenho sendo que vinte e cinco (25) obtiveram a nota mínima. Dessa forma, evidencia-se que a maior parte deles conseguiu desenvolver apenas a parte inicial ou nenhum dos procedimentos matemáticos solicitados na AT.

Em relação aos trinta e seis (36) educandos que não obtiveram nota máxima na AMCE tem-se que: oito (8) deles diminuíram suas notas; cinco (5) mantiveram os mesmos desempenhos e vinte e três (23) aumentaram suas notas.

Para os oito (8) alunos que tiveram decréscimo de desempenho: sete (7) diminuíram as notas de 7, 4, 3 e 2 para o valor mínimo de zero e um (1) aluno diminuiu de 6 para 4. Dessa forma, a maior parte desses alunos conseguiu desenvolver parte dos cálculos na AMCE, porém, na avaliação trimestral não efetivaram nenhum desses procedimentos matemáticos para a determinação da velocidade média, apenas um aluno conseguiu desenvolver as atividades, mesmo que de forma parcial, nas duas etapas do *Estudo V*.

Os cinco (5) educandos que mantiveram suas notas constantes temos que: três (3) mantiveram elas no valor mínimo de zero (0), um (1) aluno manteve em 4 e outro aluno manteve em 7.

Existem também, vinte e três (23) alunos que aumentaram suas notas de desempenho, ou seja, inicialmente não haviam conseguido efetuar todos os cálculos inerentes a AMCE. Nessa direção, existem dezoito (18) alunos que aumentaram suas notas dos valores 2, 3, 4, 6, 7 e 8 para a nota máxima de nove (9). Para os outros cinco (5) educandos tais aumentos foram de 4 para 7, 2 para 4 e zero para 4.

Por fim, como se pode observar nos dados expostos nessa seção, os educandos conseguiram um desempenho que pode ser considerado alto na primeira parte das atividades, porém, na AT observou-se um decréscimo na média para os educandos. Nesse sentido a média geral na AMCE foi de aproximadamente 7,50 e na AT ≈ 5,29.

9.6 – Considerações Finais sobre a Investigação

A partir do aporte teórico construído no *Capítulo II* e também da revisão bibliográfica elabora no *Capítulo III* foram construídas diretrizes, na seção 3.3, para nortear as atividades elaboradas para esse estudo.

Assim, tais diretrizes conjuntamente com as respostas dadas as quatro (4) questões de pesquisa, servirão de base para as considerações finais sobre essa investigação. Para ilustrar tais discussões, utilizar-se há a Figura 16 como ponto de partida para se discorrer sobre tais temáticas. Dentro dessa perspectiva, serão enfatizadas algumas possibilidades, limitações, vantagens e desvantagens que tal aporte tecnológico impõe as práticas de *Ensino-*

Aprendizagem escolares investigadas fazendo, sempre que possível, o dialogo com questões teóricas & resultados práticos da literatura acadêmica.

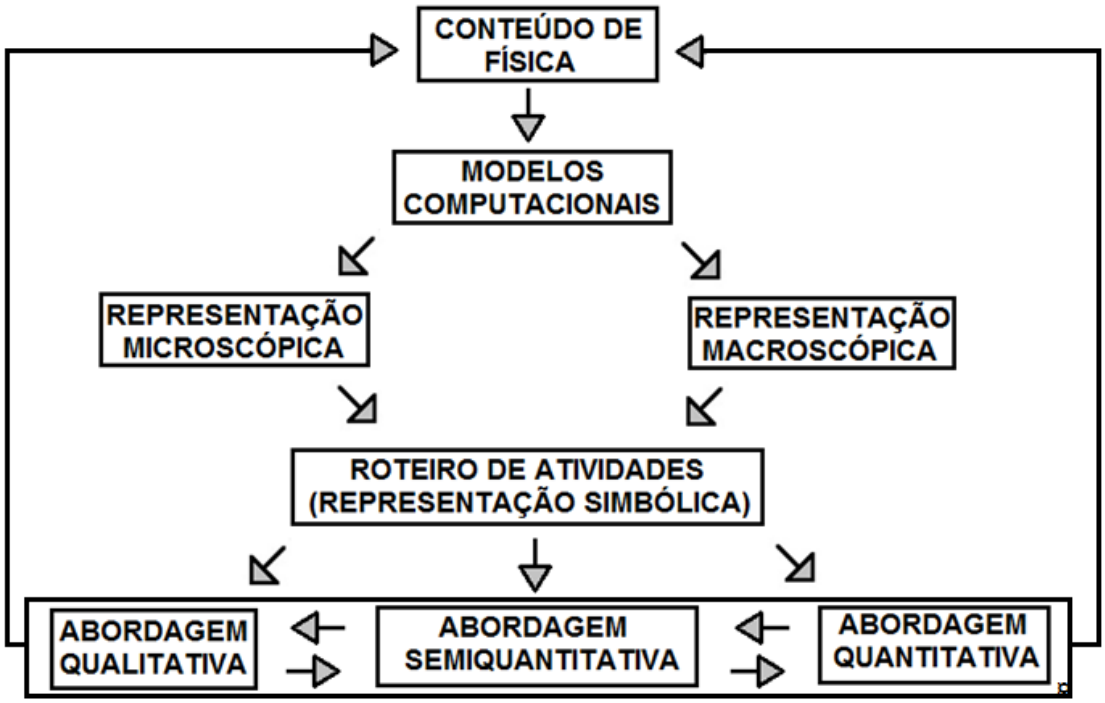


Figura 16: *Propostas de Representação dos Modelos Computacionais & Formas de Abordagens de Conteúdos em Física*

Dentro do escopo de investigação dessa pesquisa, os conteúdos de Física foram trabalhados a partir de modelos computacionais: um de representação **Microscópica** – *Corrente Elétrica* – & outro de representação **Macroscópica** – *Velocidade Média* Johnstone (1993) & Gabel (1999). Mais especificamente, trabalhou-se com: a *definição científica de corrente elétrica contínua em metais*; *configurações de campos elétricos no interior de condutores metálicos*, *cálculo de corrente elétrica média* e por fim, *cálculo da velocidade média de três automóveis* respectivamente.

Aliado aos modelos computacionais utilizou-se também, de **Roteiros de Atividades** que tinham a função de orientar os educandos durante o desenvolvimento dos conteúdos específicos de Física supramencionados trabalhando dessa forma, as representações **Simbólicas** Johnstone (1993) & Gabel (1999) dos modelos científicos. Para essa pesquisa, as abordagens simbólicas foram delineadas em três níveis de simbologia, são eles: **Quantitativa** – a partir do uso de equações, variáveis e números (representação matemática do modelo); **Semiquantitativa** – análises de

proporcionalidades entre variáveis, diretamente ou inversamente proporcionais, porém, sem envolver quantidades específicas ou números e por fim, **Qualitativa** – analisando os fenômenos através da observação, porém, sem se preocupar com as relações matemáticas ou proporcionalidades entre variáveis.

Dessa forma, o roteiro de atividade é utilizado como sendo o elo que uni o modelo computacional de representação microscópico ou macroscópico a um determinado conteúdo abordado sendo que, tal abordagem pode ser feita em uma duas ou três das perspectivas simbólicas definidas no parágrafo anterior. Por fim, cabe destacar que os *Estudos IV & V* foram formulados em duas etapas uma com aporte computacional e depois, em um segundo momento, no formato tradicional de avaliação escrita.

9.6.1 – Considerações Finais sobre Visualizações e Abordagens Qualitativas de Conteúdos

Começar-se há a discussão, a partir da abordagem feita sobre a *definição científica de corrente elétrica*, os resultados finais são mostrados na Tabela 16 abaixo:

Tabela 16: *Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre a Definição Científica de Corrente Elétrica*

Atividade com Modelagem Computacional Expositiva (AMCE)	
Resposta Totalmente Correta	*66 ou 88%*
Resposta Parcialmente Correta	*8 ou ≈ 10,67%*
Resposta Incorreta	*1 ou ≈ 1,33%*
Avaliação Trimestral (AT)	
Resposta Totalmente Correta	*51 ou 68%*
Resposta Parcialmente Correta	*6 ou 8%*
Resposta Incorreta	*18 ou 24%*

Assim, é importante destacar que essa parte específica do estudo foi promovida a partir de um modelo computacional de representação microscópica com uma abordagem simbólica qualitativa do conteúdo, através de ***visualizações*** de modelos computacionais.

Após essas visualizações, movimentos dos elétrons sem e com diferença de potencial, o que se constatou foi que os alunos conseguiram em, sua grande maioria, *Descrever* ou *Descrever* & *Justificar* as suas observações. Nessa direção, como foi destacado por Aranha, (2003) *"A universalização da*

imagem não se restringe ao mundo do lazer e do entretenimento, mas dá origem a outra forma de pensar, distante do saber tradicional, em que as informações derivam mais da transmissão oral ou da escrita." Porém, no contexto educacional as potências das imagens ganham maior significado ou potencialidade se elas forem acompanhadas de descrições, justificativas ou explicações orais e/ou escritas como é o caso dessa parte do *Estudo IV*.

Especificamente nessa parte das atividades, as imagens eram dinâmicas, ou seja, dotadas de movimentos segundo Pais, (2002) *essa propriedade permite uma mudança radical do processo de representação*. Tal mudança parece ter propiciado um resultado promissor nessa parte da atividade, onde as visualizações predominaram durante a feitura do estudo da definição de corrente elétrica. Nesse sentido, observando a Tabela 16, cabe destacar que 66 ou 88%, 8 ou 10,67% e 1 ou 1,34% dos alunos desenvolveram totalmente, desenvolveram parcialmente ou não desenvolveram respectivamente o que foi proposto no roteiro de atividades.

Por outro lado, após seis (6) dias, quando tais alunos foram inquiridos novamente sobre a diferenciação de movimentos de elétrons em condutores sem e com diferença de potencial em uma avaliação trimestral, sem uso de visualizações dinâmicas, observa-se que as porcentagens de acertos diminuíram e as de erros aumentaram. Contudo, tais percentuais se mantiveram relativamente altos, pois, 51 ou 68%, 6 ou 8% & 18 ou 24% deles conseguiram desenvolver, desenvolver parcialmente ou não desenvolver respectivamente a atividade proposta.

Em relação à abordagem feita sobre *as configurações dos campos elétricos no interior do fio metálico*, os resultados finais são mostrados na Tabela 17 da próxima página. Novamente, após visualizações, o que se constatou novamente foi que os alunos conseguiram, com alto percentual de acertos, *Descrever* ou *Descrever & Justificar* as suas observações sobre tais configurações.

Especificamente, nessa parte do estudo as imagens não eram dinâmicas, ou seja, eram representações estáticas dos vetores dos campos elétricos em cada ponto do espaço. Tal mudança, da visualização dinâmica

para a estática, pode ser um dos motivos que proporcionaram uma queda no desempenho para essa parte do estudo desenvolvido pelos alunos, porém, tais percentuais continuam relativamente altos. Nesse sentido, observando a Tabela 17, cabe destacar que 53 ou ≈ 70,66%, 20 ou 26,66% & 2 ou 2,66% dos alunos desenvolveram totalmente, desenvolveram parcialmente e não desenvolveram respectivamente o que foi proposto.

Tabela 17: *Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre as Configurações dos Campos Elétricos*

Atividade com Modelagem Computacional Expositiva (AMCE)	
Resposta Totalmente Correta	*53 ou ≈ 70,66%*
Resposta Parcialmente Correta	*20 ou ≈ 26,66%*
Resposta Incorreta	*2 ou ≈ 2,66%*
Avaliação Trimestral (AT)	
Resposta Totalmente Correta	*19 ou 25,34%*
Resposta Parcialmente Correta	*2 ou 2,66%*
Resposta Incorreta	*54 ou 72%**

* Dos 54 alunos que deram respostas incorretas na avaliação trimestral, 18 deles responderam a questão 01, item (b) de forma correta, porém, levando em consideração à movimentação dos elétrons e não as configurações dos campos elétricos nos fios metálicos.

Por outro lado, após seis (6) dias, quando tais alunos foram inquiridos novamente sobre a diferenciação de como são as configurações dos campos em condutores sem e com diferença de potencial, em uma avaliação trimestral, sem usar visualizações, observa-se que as porcentagens de acertos diminuíram acentuadamente. Tais percentuais foram 19 ou 25,34%, 2 ou 2,66% & 54 ou 72% que conseguiram desenvolver, desenvolver parcialmente ou não desenvolveram respectivamente a atividade proposta.

Assim, ao se comparar os percentuais referentes a essas duas partes do *Estudo IV* (Capítulos V & VI) o que se observa é que em relação às visualizações dos campos elétricos, que são estruturas matemáticas abstratas ou vetores não dotados de movimento nos modelos computacionais, houve uma queda do percentual de acertos tanto em relação às atividades com aporte computacional, quanto na questão referente à avaliação trimestral. Sendo que na primeira parte tal decréscimo foi pequeno e na segunda, bem acentuado.

Fazendo-se um analise geral dessa primeira parte do estudo, pode-se concluir que ela foi caracterizada a partir de abordagens qualitativas de conteúdos, com analises dos fenômenos de corrente elétrica e configurações

de campos elétricos em metais através das visualizações dinâmicas e estáticas respectivamente, simuladas através de modelos computacionais. Não solicitando dessa forma, aos educandos o trabalho com equações matemáticas ou a proporcionalidade entre variáveis.

Tal abordagem, caracterizada através de descrições e interpretações dos modelos – denominada de *Abordagem Qualitativa do Conteúdo* – apontam, para a *possibilidade* de que o trabalho em sala de aula nessa perspectiva pode ser promissor, não apenas para esses dois conteúdos em específico, mas também, para qualquer conhecimento científico baseado em descrições e analises qualitativas de teorias & modelos científicos e que possam ser modelados computacionalmente para se visualizar fenômenos físicos, por exemplo, *efeito foto elétrico*, *domínios magnéticos*, *processos de fusão e fissão nucleares* entre outros.

Por outro lado, fora do contexto das visualizações dinâmicas ou estáticas promovidas pelos modelos computacionais como, por exemplo, na perspectiva de atividades apenas escritas, parece que é necessário propiciar outras estratégias para que os desempenhos em atividades dessa natureza tenham uma perspectiva parecida ou igual quando comparada com as que possuem aporte computacional. Comparando-se os resultados, parece necessário repensar os formatos tradicionais de avaliação escrita ainda praticados em nossas escolas.

Nessa direção cabe destacar que na avaliação trimestral, promovida posteriormente, observou-se que 68% e 25,34% dos estudantes mantiveram os acertos na avaliação trimestral nas questões de movimentação de elétrons e configurações de campos em condutores metálicos respectivamente. O que mostra, que as visualizações dos fenômenos pelos educandos, possuem potencial para propiciar aos mesmos um melhor desempenho em descrever e justificar processos dinâmicos microscópicos da natureza, quando comparado, por exemplo, a situações onde tal artifício visual não se faz presente.

Talvez as diferenças quantitativas & qualitativas, observadas nas respostas dos educandos analisadas ao longo dos *Capítulos V & VI*, possam ser explicadas em grande parte também, pelas naturezas distintas que tais

atividades possuem, pois, a primeira é pautada no uso de modelos computacionais para se trabalhar um conteúdo específico de Física através de visualizações de elétrons e campos elétricos e a segunda parte, propositalmente baseada na primeira, é em um formato tradicional de avaliação.

Cabe ressaltar ainda que das quatro (4) atividades analisadas nessa seção, em três delas, os alunos conseguiram desenvolver as atividades propostas com um percentual de acerto alto. Tal verificação, apesar de ser muito específica, é indício inicial de que abordagens de conteúdos nessa perspectiva: através das visualizações de modelos computacionais podem vir a se tornar uma possibilidade real para o trabalho com conteúdos de Física em uma perspectiva ampla e não apenas para os estudos aqui analisados.

Ainda em relação às configurações dos campos elétricos cabe destacar que nas atividades com modelagem computacional expositiva foi solicitado aos educandos que ao fim das questões 02 & 04 do roteiro de atividades eles representassem os vetores de campo visualizados por eles. A Tabela 18 compila os resultados dessas representações.

Tabela 18: *Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação as Representações dos Campos Elétricos*

Atividade com Modelagem Computacional Expositiva (AMCE)	
Representação Totalmente Correta	*41 ou ≈ 54,66%*
Representação Parcialmente Correta	*31 ou ≈ 41,34%**
Representação Incorreta	*3 ou 4%*

* Dos 31 alunos que fizeram representações parcialmente corretas do campo, 16 deles representaram tais campos, no fio submetido à diferença de potencial, de forma uniforme, com a direção correta, porém, com o sentido invertido em relação ao modelo simulado.

Como foi destacado no *Capítulo II*, uma das vantagens em atividades escolares baseadas no uso de modelos computacionais é a capacidade que tal ferramental tem para contrapor os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre determinados fenômenos naturais e sociais. Nessa direção Normam (1983) apontou pelo menos duas características deficitárias desses conhecimentos prévios, os quais ele denomina de modelos mentais, são eles: *1) Os modelos mentais são incompletos* e; *2) A habilidade das pessoas em dinamizar tais modelos são severamente limitadas*.

Porém, levando-se em consideração que muitos fenômenos físicos não possuem a propriedade de serem observados a olho nu; possuem explicações baseadas em estruturas microscópicas como, por exemplo, átomos, elétrons e partículas subatômicas em geral ou ainda, em estruturas matemáticas abstratas como vetores, campos escalares e tantas outras pode-se considerar que, muitas vezes, os educandos não possuem pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre vários fenômenos naturais.

Nessa direção, é possível ponderar, por exemplo, que fenômenos microscópicos possuem uma tendência menor para serem representados (em forma de figuras ou desenhos e não matemática) quando comparados a fenômenos macroscópicos. Dessa forma, é mais provável que alunos consigam desenhar automóveis se movimentando em uma estrada do que o movimento ordenado de elétrons em um fio metálico, pois, o primeiro faz parte de seu dia a dia e o segundo não, pelo menos não de forma visual.

Assim, a partir dos resultados expostos nas Tabelas 09, 09 (a), 10 e 10 (a) – *Capítulo VI* – & Tabela 18 se pode inferir, que a partir das visualizações dos modelos computacionais sobre as configurações dos campos elétricos, os estudantes foram capazes de criar representações simbólicas (desenhos) dos campos elétricos no interior do fio metálico e ainda, conectar tais representações com as *Descrições* & *Descrições com Justificativas* dos campos elétricos elaboradas por eles.

Se em estudos futuros tal fato for corroborado, ou seja, visualização de modelos computacionais, de representação micro ou macro, são metodologias capazes de “criar” nos estudantes representações visuais (modelos mentais) e a partir de tais representações eles serem capazes de descrever ou ainda, descrever e justificar tais modelos, essa se torna uma possibilidade promissora para o uso desse aparato computacional no contexto escolar.

Contudo, é necessário cautela, pois, os resultados apresentados nessa perspectiva não podem ser considerados conclusivos para esse estudo específico e muito menos generalizados para abordagens de outros conteúdos com objetivos semelhantes.

Nesse sentido, pode-se ponderar, por exemplo, que esse grupo de estudante, já fosse capaz de fazer tais representações, sem as visualizações realizadas com os modelos computacionais ou ainda, que mesmo que pareça ser um fato as argumentações sobre as configurações de campos elétricos, Tabelas 09 e 10, & suas respectivas representações em forma de desenho, Tabelas 09(a) e 10(a) não tiveram conexão alguma sendo, considerada por eles, como duas tarefas distintas e desconexas.

9.6.2 – Considerações Finais sobre Simulações com Produção de Dados Numéricos e Abordagens Quantitativas de Conteúdos

Começar-se há essa última discussão, a partir da abordagem feita sobre *o cálculo da corrente elétrica média com produção de dados numéricos pelo professor*, os resultados finais são mostrados na Tabela 19 abaixo:

Tabela 19: *Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre o Cálculo de Corrente Elétrica Média*

Atividade com Modelagem Computacional Expositiva (AMCE)	
Nota Máxima – 5	*70 ou 93,34%*
Notas entre – 4 e 1	*5 ou ≈ 6,66%*
Nota Mínima – 0	*0*
MÉDIA GERAL	*≈ 4,84*
Avaliação Trimestral (AT)	
Nota Máxima – 5	*11 ou ≈ 14,67%*
Notas entre – 4 e 1	*51 ou 6 8%*
Nota Mínima – 0	*13 ou 17,34%*
MÉDIA GERAL	*≈ 1,74*

Novamente essa parte do estudo foi promovida a partir do modelo computacional de representação microscópica, porém, com uma abordagem simbólica quantitativa do conteúdo, através de ***simulações*****,** *com produção de dados numéricos***,** de modelos computacionais.

Após as simulações dos movimentos dos elétrons submetidos a uma diferença de potencial, com coleta de dados do número médio de elétrons que passaram pelo condutor metálico simulado, o que se constatou foi que: os alunos conseguiram em, sua grande maioria, desenvolver todos os procedimentos matemáticos necessários para se calcular a correte elétrica média simulada no modelo em relação às atividades desenvolvidas com os

aportes computacionais. Por outro lado, na avaliação trimestral se observou um decréscimo acentuado de notas e média geral dos alunos na avaliação escrita.

Nessa direção, segundo o que destacam Ogborn & Miller (1994) o computador é uma máquina rápida e um modelo computacional pode gerar resultados rapidamente que, de outra monta, levariam muito tempo caso fossem gerados de forma manual. Dentro desse contexto, para os estudos de ciências, feitos em sala de aula, os resultados numéricos gerados pelo modelo computacional em tempo real ganham maior significado ou potencialidade quando comparados, por exemplo, a números e tabelas onde os dados numéricos não são produzidos e são simplesmente apresentados aos educandos, muitas vezes, fora de contexto.

Outras explicações plausíveis para uma queda tão abrupta de desempenho entre as duas atividades são: *1) Auxílio do professor nas atividades com modelagem*, fato que não ocorreu na avaliação trimestral e também, 2) *Possível falta de pré-requisitos dos educandos para desenvolver conteúdos com abordagens quantitativas em Física de forma individual*, destacado por Magalhães *et al*. (2002).

É importante ressaltar ainda, que outra possível explicação para os resultados relatados na Tabela 19, possa ser atribuída também, as diferenças inerentes que tais atividades possuem, pois, a primeira é pautada no uso de simulações, com produção de dado numérico em tempo real, através de modelos computacionais para se trabalhar quantitativamente o cálculo da corrente elétrica média e a segunda, propositalmente baseada na primeira, é em um formato tradicional de avaliação escolar sem produção de dados numéricos.

Especificamente nessa parte das atividades observa-se na Tabela 19 que: 70 ou ≈ 93,34%, 5 ou ≈ 6,66% e 0 alunos obtiveram notas máximas (5) entre 4 e 1 & 0 respectivamente perfazendo assim, um média geral de 4,84. Por outro lado, após seis (6) dias, quando tais alunos foram impelidos a fazer os mesmos cálculos observou-se que as notas diminuíram acentuadamente, sendo que: 11 ou ≈ 14,67%, 51 ou 68% e 13 ou ≈ 17,34% deles conseguiram

notas máximas (5), entre 4 e 1 & 0 respectivamente diminuindo dessa forma, a média geral para 1,74 pontos.

Em relação às atividades relacionadas *aos cálculos da velocidade média de três automóveis*, os resultados finais são mostrados na Tabela 20. Após as **simulações**, *com produções de dados numéricos pelos estudantes* o que se constatou foi que: os alunos conseguiram um bom percentual de acertos nas atividades com modelagem computacional e também, bons percentuais na atividade escrita realizada posteriormente, porém, com um aumento muito acentuado no número de notas mínimas.

Tabela 20: *Resultados Finais de Desempenho dos Alunos em Relação aos Estudos sobre o Cálculo da Velocidade Média de Três Automóveis*

Atividade com Modelagem Computacional Expositiva (AMCE)	
Nota Máxima – 9	*78 ou ≈ 68,42%*
Notas entre – 8 e 1	*32 ou ≈ 28,07%*
Nota Mínima – 0	*4 ou ≈ 3,51%*
MÉDIA GERAL	*7,5*
Avaliação Trimestral (AT)	
Nota Máxima – 9	*53 ou ≈ 46,49%*
Notas entre – 8 e 1	*26 ou 22,80%*
Nota Mínima – 0	*35 ou 30,70%*
MÉDIA GERAL	*≈ 5,29*

Especificamente, os resultados da tabela acima se referem ao *Estudo V*. Dessa forma é preciso ponderar alguns pontos primordiais para se entender as diferenças encontradas entre os resultados expostos nas Tabelas 19 & 20.

O primeiro aspecto a ser considerado diz respeito que tal estudo foi realizado na perspectiva exploratória e não na expositiva, ou seja, os estudantes simulavam os modelos computacionais e eles próprios produziram os dados numéricos utilizados nas atividades propostas no roteiro de atividades.

Outro aspecto relevante é o fato que de nesse estudo focou-se apenas na abordagem quantitativa do cálculo da velocidade média, por outro lado, no *Estudo IV* foram explorados três temáticas em duas perspectivas distintas de abordagens de conteúdos – qualitativa e quantitativa – já discutidas anteriormente.

Um terceiro aspecto que diferencia esses dois estudos é o fato de que toda a *Atividade IV* foi feito de forma individual pelos estudantes em contrapartida, a *Atividade V* a parte relacionada às atividades com o modelo computacional foram realizadas em duplas e apenas a avaliação trimestral foi feita individualmente pelos educandos. Por fim, cabe ressaltar, que os estudos envolveram séries de 3° Anos (*Atividade IV*) e 1° Anos (*Atividade V*).

Na primeira parte da *Atividade V* os dados numéricos foram produzidos pelos educandos. Talvez tal mudança, ou seja, produzir os próprios dados numéricos ao invés de apenas observar sua produção pelo professor pode ser um dos motivos que proporcionaram a não observância de uma queda tão abrupta na média geral entre as suas atividades propostas. Nesse sentido, observando a Tabela 20, cabe destacar que 78 ou ≈ 68,42%, 32 ou ≈ 28,07 e 4 ou ≈ 3,51% obtiveram notas máximas de 7, entre 8 e 1 & 0 respectivamente perfazendo assim, uma média geral de 7,5 pontos.

Por outro lado, após (4,5) dias, quando tais alunos foram inquiridos novamente a efetuar os mesmos cálculos, notou-se que: 53 ou ≈ 46,49%, 26 ou ≈ 22,80% e 35 ou ≈ 30,70% obtiveram notas máximas de 7, entre 8 e 1 & 0 respectivamente, ou seja, uma média geral menor no caso, 5,29 pontos. Assim, observa-se que sobre os cálculos de velocidade média na avaliação trimestral, sem usar simulações e produção de dados numéricos, observou-se que as porcentagens de acertos diminuíram pouco; o percentual de notas entre 8 e 1 também diminuiu pouco, porém, o percentual de notas mínimas aumentou acentuadamente.

Assim, ao se comparar esses dados nos dois estudos (Capítulos VII & VIII) observa-se que em relação aos cálculos de corrente elétrica média e velocidade média, houve a observância de uma média geral alta nas duas atividades. Por outro lado, em relação às atividades escritas, observou-se uma queda muita acentuada em relação ao cálculo da corrente elétrica e uma queda em menor proporção nos cálculos das velocidades médias.

Fazendo-se um analise geral dessa segunda parte das considerações finais, pode-se concluir que ela foi caracterizada a partir de abordagens quantitativas de conteúdos, com os cálculos de corrente elétrica média e

velocidade média através de simulações, com produção de dados numéricos pelo professor ou pelos estudantes, através de modelos computacionais. Solicitando dessa forma, aos alunos o trabalho com números, variáveis e equações matemáticas.

Tal abordagem, caracterizada através de abordagens matemática – *denominada de Abordagem Qualitativa do Conteúdo* – novamente evidenciam, de forma parcial, a *possibilidade/vantagem* de que o trabalho em sala de aula nessa perspectiva pode ser promissora, não apenas para esses dois casos, mas também, para outros conteúdos que possam potencialmente serem trabalhados nessa perspectiva e evidentemente, que possam ser modelados computacionalmente para se simular e coletar dados numéricos dos fenômenos físicos.

Por outro lado, fora do contexto das simulações e produção de dados em tempo real dos modelos computacionais como, por exemplo, na perspectiva de atividades escritas, é necessário propiciar outras estratégias para que os desenvolvimentos dos conteúdos possam também ter desempenho comparáveis com a perspectiva computacional.

Nessa direção cabe destacar que na avaliação trimestral, promovida posteriormente, observou-se que 14,67% e 46,49% dos estudantes mantiveram os acertos no máximo na avaliação trimestral. O que mostra, mesmo que parcialmente, que as simulações e produção de dados nessas atividades, possuem potencial para propiciar aos mesmos um melhor desempenho nos processos de cálculo numéricos envolvendo variáveis e equações físicas, , quando comparado, por exemplo, a situações onde tais artifícios computacionais não se fazem presente.

Além de todas as diferenças estruturais nos dois estudos, a saber: perspectivas diferentes (expositivas e exploratórias); na *Atividade IV* abordaram-se três temas distintos, porém, correlatos enquanto que na *Atividade V* apenas um tema foi explorado; as atividades com aporte computacional terem sido feitas individualmente (*Atividade IV*) e em dupla (*Atividade V*) e, por fim, tais trabalhos terem sido desenvolvidos em séries diferentes.

Mais uma vez é importante destacar que talvez tais diferenças quantitativas & qualitativas, observadas nas respostas dos educandos analisadas ao longo dos *Capítulos VII & VIII*, possam ser explicadas também pelas naturezas distintas que tais atividades possuem; auxílio do professor nas atividades com modelagem e também, da possível falta de pré-requisitos que tais estudantes possam ter para se desenvolver conteúdos com abordagens quantitativas em Física de forma individual destacado por Magalhães *et al*. (2002).

A produção de dados numéricos pelos modelos computacionais é, sem sombra de dúvidas, uma das principais características positivas desse ferramental tanto para a pesquisa científica quanto para a educação em ciências. Em relação ao campo de interesse dessa investigação, educação científica, é importante destacar que as abordagens de conteúdos de Física na perspectiva quantitativa se mostrou muito eficaz nas atividades com simulações e produção de dados numéricos pelos modelos computacionais e com um grau menor de eficiência nas abordagens tradicionais.

Dentro do contexto dessa investigação piloto, é importante esclarecer que os resultados aqui expostos referem-se especificamente a abordagens qualitativas de conteúdos através de visualizações de modelos computacionais e também, para tratamentos quantitativos de conteúdos através de simulações computacionais. Nesse sentido, cabe ressaltar que em nenhum dos estudos trabalhou-se diretamente com os conteúdos em uma perspectiva semiquantitativa e também, não foram realizados estudos sobre modelagem computacional, ou seja, os alunos construírem os modelos computacionais, perspectiva expressiva, aplicado ao processo de ensino-aprendizagem de Física.

Por fim, como destaca Fiolhais & Trindade (2003) *O trabalho de avaliação sobre a real eficácia de estratégias computacionais permanece em larga medida por se fazer.* Nessa perspectiva, o trabalho aqui apresentado move-se em direção de se avaliar as possibilidades, limitações, vantagens e desvantagens que tal aparato tecnológico traz como implicações para as práticas docentes.

Referências Bibliográficas

ANJOS A. J. S.(2008) **As Novas Tecnologias e o Uso dos Recursos Telemáticos na Educação Científica: A Simulação Computacional na Educação em Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n° 3: p. 569-600, dez. 2008.

ALVES D. T., AMARALY J. V.& NETO J. F. M. (2002) **Aprendizagem de Eletromagnetismo via Programação e Computação Simbólica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

ARANHA M. L. de A. **História da Educação** Editora Moderna LTDA, São Paulo 2003, 2° Edição.

ARAÚJO I. S., VEIT E. A. & Moreira M. A. (2004) **Atividades de Modelagem Computacional no Auxílio à Interpretação de Gráficos da Cinemática.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n°. 2, p. 179 – 184.

ARAÚJO I. S., VEIT E. A., MOREIRA M. A. (2012) **Modelos Computacionais no Ensino-Aprendizagem de Física: Um Referencial de Trabalho.** Investigações em Ensino de Ciências – V17(2), pp. 341-366.

ARAÚJO I. S., VEIT E. A. & MOREIRA M. A. (2004) **Uma Revisão da Literatura Sobre Estudos Relativos a Tecnologias Computacionais no Ensino de Física.** Em: < http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/producao/IIEIBIEC.PDF> Acesso em: 19 de Outubro de 2014.

ARNOLD F. J. & PELÁ C. A. (2004) **Simulação computacional de campos ultra-sônicos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n°. 3, p. 223 - 231, (2004).

BARBETA V. B. & MARZZULLI C. R. (2000) **Experimento Didático para Determinação da Velocidade de Propagação do Som no Ar, Assistido por Computador**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, no. 4, Dezembro, (2000)

BARBOSA A. C. de C., CARVALHES C. G. & COSTA M. V. T. (2006) **A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 249 - 254, (2006)

BETZ M., LIMA I. & MUSSATO G. (2009) **Dualidade onda-partÍcula: um objeto de aprendizagem baseado no interferômetro de Mach-Zehnder.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 3, 3501

BETZ M. E. M. & TEIXEIRA R. M. R. (2012) **Material Instrucional Apresentado Conteúdos de Métodos Computacionais Para o Ensino de Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 787-811, out.

BOULTER, C.J.; GILBERT, J. K. (1998) **Aprendendo Ciências Através de Modelos e Modelagens**. In COLINVAUX, D. Modelos e Educação em Ciências. RIO DE JANEIRO: Editora Ravil.

BRANDÃO, R. V. (2012) **A Estratégia da Modelagem Didático-Científica para a Conceitualização do Real no Ensino de Física**. Tese de Doutorado –

Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

CAVALCANTE M. A., BONIZIA A. & GOMES L. C. P. (2009) **O Ensino e Aprendizagem de Física no Século XXI: Sistemas de Aquisição de Dados nas Escolas Brasileiras, uma Possibilidade Real.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4, 4501

CAMILETTI, G. C. (2001) **A Modelagem Computacional Semi-quantitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários**. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES.

CAMILETTI G. & FERRACIOLI L. (2001). **A Utilização da Modelagem Computacional Quantitativa no Aprendizado Exploratório de Física.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 18, n°. 2: p. 214-228, agosto.

CAMILETTI G. & FERRACIOLI L. (2002) **A Utilização da Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo do Sistema Mola-Massa.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

CARDOSO S. O. O. & DICKMAN A. G. (2012) **Simulação Computacional Aliada à Teoria da Aprendizagem Significativa: Uma Ferramenta para Ensino e Aprendizagem do Efeito Fotoelétrico.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 891-934, out.

COSTA, S. F. (2004) **Estatística Aplicada à Pesquisa em Educação**. Série Pesquisa em Educação. Plano Editora, Brasília – DF, 2004, 80p.

CRESPO, A. A. (2001) **Estatística Fácil**. Editora Saraiva Av. Marquês de São Vicente, 1697, CEP 01139 – 904, Barra Funda, São Paulo – SP, 17° Edição, 3° Tiragem, 2001.

CUZINATTO, R. R. & MORAIS, E. M. (2014) **Software MUFCosm como Ferramenta de Estudo dos Modelos da Cosmologia Padrão.** *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 36, n. 1.

DIAS N. L., PINHEIRO A. G. & BARROSO G. C. (2002) **Laboratório Virtual de Física Nuclear.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002

DORNELES P. F. T., ARAÚJO I. S. & VEIT E. A. (2008) **Simulação e Modelagem Computacionais no Auxílio à Aprendizagem Significativa de Conceitos Básicos de Eletricidade. Parte II - circuitos RLC.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 3, 3308 (2008).

DUARTE S. E. (2012) **Física para o Ensino Médio Usando Simulações e Experimentos de Baixo Custo: Um Exemplo Abordando Dinâmica da Rotação.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 525-542, set. 2012.

FEHSENFELD, K. M. (2010) **A Representação de Fenômenos de Cinemática de Gases Utilizando o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab^2: Um estudo Exploratório com Estudantes Ingressantes na Educação Superior**. Tese (Doutorado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. 2010.

FERRACIOLI, L. (2004) **A Integração de Ambientes Computacionais ao Aprendizado Exploratório em Ciências**. Projeto de Pesquisa financiado pelo CNPq. Processo 30.4785/2004-0.

FERRACIOLI L., Gomes T., CAMILETTI G. G., SILVA R. M. A., MULINARI M. H., OLIVEIRA R. R., MARIN F. C. M., FEHSENFELD K. M., VERBENO C. H. (2012) **Ambientes de Modelagem Computacional no Aprendizado Exploratório de Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 679-707, out. 2012.

FERRACIOLI, L. ; GOMES, T. ; SILVA, R. M. A. da ; MULINARI, M. H. ; OLIVEIRA, R. R. ; CAMILETTI, G. G. ; MARIN, F.C.M.; FEHSENFELD, K. M. ; VERBENO, C.A. (2012) **Ambientes de Modelagem Computacional no Aprendizado Exploratório de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 679-707.

FIOLHAIS, C. & TRINDADE, J. (2003) **Física no Computador: O Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas**. – Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), vol 25, n° 3.

FIGUEIRA J. S. (2005) **Easy Java simulations – Modelagem computacional para o ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n°. 4, p. 613 – 618.

FIGUEIRA J. S. (2011) **Movimento Browniano: Uma Proposta do Uso das Novas Tecnologias no Ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4403.

FORRESTER, J. W. (1994) **Learning Through System Dynamics as Preparation for the 21st Centure**. In: *Systems Thinking and Dynamic Modelling Conference for K-12 Education*, June, 27-29, 1994, at Concord Academy, Concord MA, USA. Disponível em: <http://sysdyn.clexchange.org/people/jay-forrester.html > Acesso em: 20 de Agosto de 2012.

GABEL, D. (1999) **Improving Teaching and Learning Through Chemical Education Research: a Look to the Future.** Journal of Chemical Educacion, Vol 76, p. 548 – 554.

GILBERT, J. K. (2010) **Vizualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education**. In: Vizualization: Theory and Practice in Science Education – Vol 3, Springer Science+Busines Media BV, ISBN: 978-90-481-6, p. 3 – 24.

GOBARA S. T., ROSA P. R. S., PIUBÉLI U. G. & BONFIM A. K. (2002) **Estratégias para Utilizar o Programa Prometeus na Alteração das Concepções em Mecânica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

GOMES, T. (2003) **A modelagem computacional qualitativa no estudo de tópicos de ciências: um estudo exploratório com estudantes universitários**. 285 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Centro de Ciências Exatas, UFES, Vitória, ES.

GOMES T. & FERRACIOLI L. (2006) **A investigação da construção de modelos no estudo de um tópico de Física utilizando um ambiente de modelagem computacional qualitativo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 453-461, (2006)

GRECA I. M. & SANTOS F. M. T. (2005) **Dificuldades da Generalização das Estratégias de Modelação em Ciências: O Caso da Física e da Química.** Investigações em Ensino de Ciências – V10(1), pp. 31-46, 2005

HARRÉ, R. (1978) The Institute of Physics. In: **Models in Science**. Phys Educ, vol 13, p. 275 - 278.

HECKLER V., SARAIVA M. de F. O. & FILHO K. de S. O. (2007) **Uso de Simuladores, Imagens e Animações como Ferramentas Auxiliares no Ensino/Aprendizagem de Óptica**. *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 29, n° 2, p. 267-273.

HEIDEMANN L. A., ARAÚJO I. S., VEIT E. A. (2012) **Ciclos de Modelagem: uma Proposta Para Integrar Atividades Baseadas em Simulações Computacionais e Atividades Experimentais no Ensino de Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 965-1007, out. 2012.

JÁCOME S. S. B, MEDEIROS F. F., CORSO G. & LUCENA L. S. (2002) **Visualizando os Modos Normais de Vibrações com o Computador.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho.

JOHNSTONE, A. H. (1993) **The Development of Chemistry Teaching: a Changing Response to a Changing Demand.** Journal of Chemical Education, Vol 70 (9), p. 701 – 705.

JUNIOR L. A. R., CUNHA M. F. & LARANJEIRAS C. C. (2012) **Simulação de Experimentos Históricos no Ensino de Física: uma Abordagem Computacional das Dimensões Histórica e Empírica da Ciência na Sala de Aula.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 4, 4602 (2012)

JUNIOR A. G. B., OLIVEIRA L. P., LENZ J. A. & SAAVEDRA N. (2012) **Videoanálise com o Software Livre Traker no Laboratório Didático de Física: Movimento Parabólico e Segunda Lei de Newton.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 469-490, set. 2012.

KURTZ DOS SANTOS, A. C. (1992) **Computational Modelling in Science Education: A Study of Students Ability to Manage Some Different Approaches to Modelling**. Tese (Doutorado em Educação) – Institute of Education University of London, London, UK.

KURTZ DOS SANTOS, A. C.; OGBORN, J. (1994) Sixth form students´ ability to engage in computational modelling. **Journal of Computer Assisted Learning**, Bristol, UK, v. 10, n. 3, p. 182---200.

KURTZ DOS SANTOS, A. C.;THIELO, M. R. ; KLEER, A. (1997) A. Students modeling environmental issues. **Journal of Computer Assisted Learning**, London, v. 13, n. 1, p. 35---47.

LAGRECA M. do C. B., MORAES M. C., LIMA V. M. do R., RAYMUNDO V. P. & GESSINGER R. M. (2012) **Estudo do Lançamento Vertical: Uma Proposta**

de Ensino por Meio de um Objeto de Aprendizagem. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 543-561, out. 2012.

LAW, N.; TAM, E.W.C. (1998) **WorldMaker(HK) --- An Iconic Modelling Tool for Children to Explore Complex Behaviour**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN EDUCATION, 6, 1998, China. **Proceedings ...**.

Li S. C., LAW N. & LUI K. F. A. (2006) **Cognitive Perturbation Through Dynamic Modelling: A Pedagogical Approach to Conceptual Change in Science**. Blackwell Publishing Ltd, In: Journal of Computer Assisted Learning, V 22, p. 405-422

LONGHINI M. D. & MENEZES L. D. de D. (2010) **Objeto Virtual de Aprendizagem no Ensino de Astronomia: Algumas Situações Problema Propostas a Partir do *Softwares Stellarium*.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. 3: p. 433-448, dez. 2010.

MACÊDO J. A., PEDROSO L. S., VOELZKE M. R., ARAÚJO M. S. T. (2014) **Levantamento das abordagens e tendências dos trabalhos sobre as Tecnologias de Informação e Comunicação apresentados no XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 31, n. 1, p. 167-197, abril.

MACÊDO J. A., DICKMAN A. G., ANDRADE I. S. F. (2012) **Simulações Computacionais como Ferramentas Para o Ensino de Conceitos Básicos De Eletricidade.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, set.

MAGALHÃES M. G. M., SCHIEL D., GUERRINI I. M., JUNIOR E. M. (2002) **Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

MARINS F. C. M. (2009) **A Utilização de Diagramas Causais no Desenvolvimento de Atividades de Modelagem Semiquantitativa: Um Estudo Exploratório com Estudantes do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória/ES.

MEDEIROS A. & MEDEIROS C. F. (2002) **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

MEIRELLES S. & CARVALHO N. V. (2007) **Modelagem Computacional da Propagação de Ondas Superficiais no Oceano: um Subsídio para a Compreensão dos Fenômenos Ópticos** *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 29, n. 4, p. 555-563.

MENDES J. F., COSTA I. F. & SOUSA C. M. S. G. (2012) **O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 1, 2402.

MOREIRA H. & CALEFE L. G. (2006) **Classificação da Pesquisa**. In: Metodologia da Pesquisa para o Professor Pesquisador. Cap III, p. 69 – 95. 1° Ed, Rio de Janeiro, DP&A,Lamparina Editora

MOREIRA A. F. & BORGES O. (2007) **Ambiente de Aprendizagem de Física Mediado por Animações** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências Vol. 7 No 1, 2007.

MOSSMANN V. L. F., CATELLI K. B. M. F., LIBARDI H. & DAMO I. S. (2002) **Determinação dos Coeficientes de Atrito Estático e Cinético Utilizando-se a Aquisição Automática de Dados.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n° 2, Junho, 2002.

MULINARI, M. H. (2006) **A Utilização da Modelagem Computacional como Estratégia de Análise de Ecossistemas Manguezais**. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) – UFES.

NETO J. da S., OSTERMANN F. & PRADO S. D. (2011) **O Tema da Dualidade Onda-PartÍcula na Educação Profissional em Radiologia Médica a partir da Simulações do Interferômetro de Mach-Zehnder.** *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 33, n° 1, 1401.

NOGUEIRA A. F. L. **Experimentos Para o Ensino de Eletrostática com Auxílio Computadorizado.** (2006) Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n° 4, p. 445-451.

NOGUEIRA A. F. L. (2008) **O Uso da Simulação Numérica de Campos Eletromagnéticos como Ferramenta de Ensino** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 4, 4306

NORMAN, D. A. (1983) **Some Observations on Mental Models**. In: Mental models. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, 365 Broadway, Hillsdale, New Jersey. Cap 1, pg. 7-15.

OGBORN, J.; BOOHAN, R.; WRIGHT, S. (1992) **WorldMaker --- A Novel Approach to Computer Modeling**. User Guide, London: Institute of Education University of London.

OGBORN, J.(1994) **Overview: The Nature of Modelling**. In: Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J. & Tompsett (Eds.) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press. Cap 2, p. 11-15.

OGBORN, J.& MILLER, R. (1994) **Computacional Issues in Modelling**. In: Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J. & Tompsett (Eds.) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press. Cap 5, p. 33-38.

OLIVEIRA R. R. **O Estudo da Modelagem Computacional Qualitativa Através do Fenômeno de Difusão de Gás: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários**. 2006. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES.

PAIS, L. C. (2002) **Interatividade e Simulação** In: Educação Escolar e as Tecnologias da Informação. Autêntica Editora Ltda, Belo Horizonte p. 143-156.

PAIVA A. P. S. (2006) **Utilizar as TIC Para Ensinar Física a Alunos Surdos – Estudo de Caso Sobre o Tema "A LUZ E A VISÃO"** In: http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rab&cod=_utilizarasticparaensinar> Acesso em: 24/10/2014

PAULA H. F. & TALIN S. L. (2012) **Uso Coordenado de Ambientes Virtuais e Outros Recursos Mediacionais no Ensino de Circuitos Elétricos.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 614-650, set.

PEDUZZI L. O. Q., TENFEN D. N. & CORDEIRO M. D. (2012) **Aspectos da Natureza da Ciência em Animações Potencialmente Significativas Sobre a História da Física. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 758-786, out.**

PEREIRA O. C. N., SILVA W. M., SABINO A. C., GOZZI M. E., SAMPAIO A. R., VISCOVINI R. C. (2012) ***Software de*** **Efeito Estroboscópico por Superposição de *Frames de Videoclipes* Aplicada no Ensino de Cinemática.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 2: p. 267-282, ago. 2012.

PIRES M. A. & VEIT E. A. (2006) **Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio** *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 28, n°. 2, p. 241 – 248.

QUINTO, T. & FERRACIOLI (2008) **Modelos e Modelagem no Contexto do Ensino de Ciências no Brasil: Uma Recisão de Literatura de 1996-2006**. In: Revista Didática Sistêmica, ISSN 1809-3108, Volume 08, p. 80-100

RAMPINELLI M. & FERRACIOLI L. **ESTUDO DO FENÔMENO DE COLISÕES ATRAVÉS DA MODELAGEM COMPUTACIONAL QUANTITATIVA (2006).** Caderno. Brasileiro de Ensino de Física, vol. 23, n°. 1: p. 93-122, abril de 2006.

REIS E. M. & LINHARES M. P. (2008) **Integrando o Espaço Virtual de Aprendizagem "Eva" à Formação de Professores: Estudo de Caso sobre o Currículo de Física no Ensino Médio.** In: < http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewArticle/155 > Acesso em: 24/10/2014.

RÍOS S. L., ARAÚJO I. S., VEIT E. A. (2012) **El Uso Del Diagrama AVM Como Instrumento Para la Implementación de lós Principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico em Actividades De Modelación Computacional Para la Enseñanza de la Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 935-964, out.

ROCHA P. A. C. & SILVEIRA J. V. P. (2012) **Estudo e aplicação de simulação computacional em problemas simples de mecânica dos fluidos e transferência de calor.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 3, 4306 (2012)

SALES G. L., VASCONSELOS F. H. L., FILHO J. A. de C. & PEQUENO M. C. (2008) **Atividades de Modelagem Exploratória Aplicada ao Ensino de Física Moderna com a Utilização do Objeto de Aprendizagem Pato Quântico**. *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 30, n. 3, 3501

SAMPAIO, F.F.(1996) **WLinkIt: Design, Development and Testing of a Semi--Quantitative Computer Modelling Tool**. Tese (Doutorado em Educação) – Institute of Education University of London, London, UK.

SANTOS A. C. F., NUNES L. N. (2013) **Utilizando Analogias para a Visualização de Equipotenciais com uma Planilha de Dados.** *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 35, n. 2.

SANTOS A. V., SANTOS S. R. & FRAGA L. M. (2002) **Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

SANTOS, A. C. K. & CHO Y. (2000) **Algumas Possibilidades de Utilização dos Princípios de Sistemas de Forrester em Tópicos de Física, Através da Ferramenta de Modelagem Quantitativa STELLA.** Caderno.Catarinense.de Ensino de Física, Volume. 17, n°. 1: p. 81-95, abril. 2000.

SANTOS G., OTERO M. R. & FANARO M. A. (2000) **¿Como Usar Software de Simulación en Clases de Física?** Caderno Catarinense de.Ensino de Física, Volume. 17, n°. 1: p. 50-66, abril. 2000.

SAUERWEIN R. A. & SAUERWEIN I. P. S. (2012) **Objetos de Aprendizagem: Máquinas Térmicas.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 812-830, jun.

SILVA W. P., SILVA C. M. D. P. S., Silva C. D. P. S., SOARES I. B. & SILVA D. D. P. S. (2002) **Apresentação do Software Educacional "Vest21 Mecânica"** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002

SILVA J. R., GERMANO J. S. E. & MARIANO R. S. (2011) **SimQuest - Ferramenta de Modelagem Computacional para o Ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n° 1, 1508

SILVA N. C. (2012) **Laboratório Virtual de Física Moderna: Atenuação da Radiação Pela Matéria.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 3: 1206 p. 1206-1231, dez. 2012.

SILVA T. (2012) **Um Jeito de Fazer Hipermídia para o Ensino de Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 864 864-890, out. 2012.

TOKARNIA, M. ***Educação no Brasil Evoluiu, Mas Resultados no PISA não são Expressivos, Analisam Especialistas.*** Em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-12-04/educacao-no-brasil-evolui-mas-resultados-no-pisa-nao-sao-expressivos-analisam-especialistas >. Acesso em: 25 de Maio de 2014.

TRINDADE J., FIOLHAIS C. & GIL V. (2005) **Atomic orbitals and their representation: Can 3-D computer graphics help conceptual understanding?** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n° 3, p. 319 - 325, (2005).

VECHI A., BRITO A. F., VALENTIM D. B., GOZZI M. E., SAMPAIO A. R. & VISCOVINI R. C. (2013) **Modelo dinâmico do Sistema Solar em *Actionscript* com controle de escalas para ensino de astronomia.** *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 35, n. 2

VIEIRA, S. **Princípios de Estatística**. (1999) Editora Pioneira, 1° Edição, São Paulo – SP, 1999.

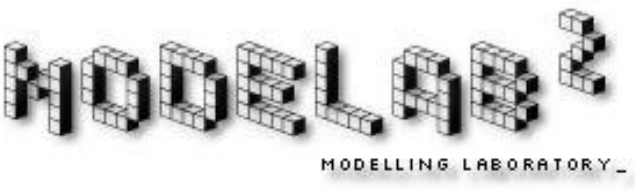
VEIT E. A. & MORS P. M. (2002) **Ilustrando a Segunda Lei de Newton no Século XXI.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

VEIT E. A. & TEODORO V. D. (2002). **Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n°. 2, Junho, 2002.

YAMAMOTO I. & BARBETA V. B. (2001) **Simulações de Experiências como Ferramenta de Demonstração Virtual em Aulas de Teoria de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, n°. 2, Junho de 2001.

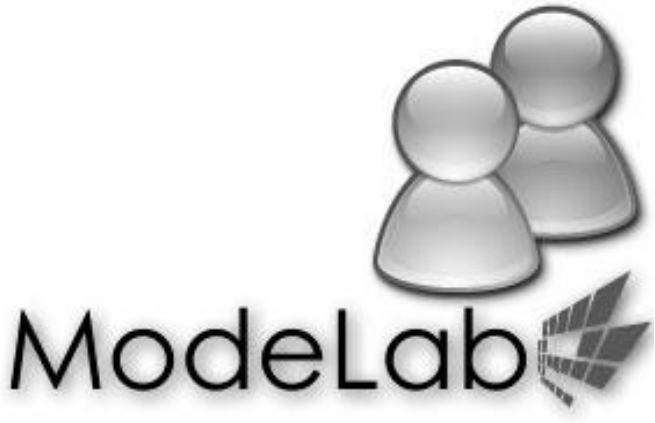
Anexos

Anexo A:
Manual do ModeLab^{2D}



ModeLab^2
Modelling Laboratory

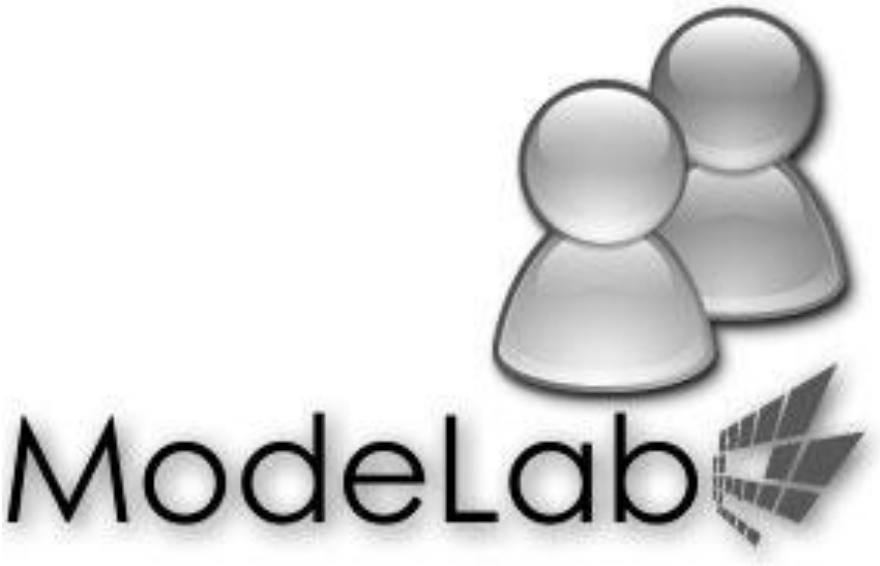
© 2007 ModeLab



ModeLab²

Modelling Laboratory 2D

Laércio Ferracioli
Thieberson Gomes
Rodrigo Marques da Silva



ModeLab² - Modelling Laboratory 2D

© 2007 ModeLab

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste trabalho pode ser reproduzida por quaisquer meios - gráfico, eletrônico ou mecânicos, incluindo fotocópia, armazenamento, gravação, ou sistemas de armazenamento de informação e de recuperação - sem a permissão escrita do autor.

Os produtos mencionados neste documento e suas respectivas marcas registradas pertencem aos seus respectivos donos. O ModeLab e os autores não fazem nenhuma reivindicação a estas marcas registradas.

O ModeLab e os autores não assumem nenhuma responsabilidade sobre erros ou omissões, ou sobre os danos resultantes do uso da informação contido neste original ou do uso dos programas e do código de fonte que podem o acompanhar. O ModeLab e os autores nunca serão responsáveis pela perda de lucro ou quaisquer outros danos comerciais causados ou alegados por ter sido causado direta ou indiretamente por este original.

Impresso: junho de 2015 em Vitória - ES - Brasil

Editora
Universidade Federal do Espírito Santo

Editoração Eletrônica
Rodrigo Marques A.da Silva

Projeto Gráfico
Thiéberson Gomes
Rodrigo Marques A. da Silva

Produtor
ModeLab

Coordenador
Laércio Ferracioli

Agradecimentos
A todos que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

Índice

Prefácio 1
1. Introdução 2
1.1 Organização do Manual 2
1.2 Instalando o Modelab^2 3
2. Conhecendo o ModeLab^2 3
2.1 Área de Modelagem 4
2.2 Modelagem no ModeLab^2 7
2.3 Exemplo de Criação de Modelo 7
2.3.1 Gás Confinado em um Recipiente 7
2.3.1.1 Criação do Modelo 7
2.4 Regras de Interação 9
2.4.1 Criando Regras 9
2.4.2 Gás Confinado em um Recipiente 12
2.4.2.1 Criação de Regras 12
2.4.3 Direções de Execução de Regras 15
2.4.4 Resumo de Regras 15
2.5 Área de Simulação e Visualização 16
2.5.1 Grade de Visualização 16
2.5.2 Gás Confinado em um Recipiente 17
2.5.2.1 Visualização do Modelo 17
2.5.3 Gráfico de Análises 19
2.6 Menu Principal 21
2.6.1 Arquivo 21
2.6.2 Exibir 24
2.6.3 Janela 24
2.6.4 Ajuda 24
2.7 Barra de Ferramentas 24
3.Exemplo de Criação de Modelo 25
3.1 Evaporação de água na superfície de um lago 25
4. Referencias 30

Prefácio

Este *Manual do Usuário* traz informações sobre
como trabalhar com o ambiente de modelagem ModeLab^2,
um ambiente de modelagem computacional qualitativo
que permite aos estudantes construírem modelos
a partir de suas próprias concepções.

1. Introdução

A Modelagem Computacional vem sendo investigada em diversas partes do mundo, já que a utilização de ferramentas, tais como, o computador tem sido largamente incentivada. Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento de investigação sobre a utilização destas tecnologias no contexto educacional.

Uma perspectiva de pesquisa sobre a integração da tecnologia da informática no contexto educacional é o desenvolvimento de softwares que permitam aos estudantes construírem modelos baseados em suas próprias concepções sobre o mundo que os rodeia.

O ModeLab^2 é um ambiente de Modelagem Computacional Qualitativa, no qual os estudantes são levados a construírem seus próprios modelos de forma qualitativa e sem a necessidade de especificação de variáveis.

As atividades de Modelagem Computacional se distinguem de acordo com a forma de interação entre o estudante e o software de Modelagem Computacional. Estas podem ser Exploratórias ou Expressivas. Nas atividades Exploratórias o estudante é levado a observar o comportamento de um modelo criado por um especialista ou um professor. O objetivo é fazer com que o estudante confronte suas concepções sobre um fenômeno com aquelas apresentadas pelo modelo daquele fenômeno. Nas atividades de Modelagem Expressiva, o estudante é solicitado a criar seus próprios modelos. Assim, a partir do modelo construído o estudante pode simulá-lo e comparar suas previsões sobre o comportamento esperado com o comportamento do modelo computacional.

Este é o *Manual do Usuário* do ***Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab 2D***, também denominado de ***Laboratório de Modelagem 2D***, ou simplesmente, ***ModeLab²***. Este ambiente foi desenvolvido pelo LABORATÓRIO DE TECNOLOGIAS INTERATIVAS APLICADAS À MODELAGEM COGNITIVA - ModeLab, um laboratório de pesquisa localizado no Departamento de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, cuja área de concentração é *Ensino de Física* dentro do Programa de Pós-Graduação em Física desta Universidade. Seu foco é a investigação de inovações nos processos de ensino e aprendizagem, especificamente na investigação da integração de Tecnologias da Informação e Comunicação no contexto educacional.

O ***Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab²*** foi desenvolvido através da articulação do projeto *A Integração da Modelagem Computacional Baseada nas Regras de Autômatos Celulares no Aprendizado Exploratório em Ciências*, Processo CNPq 403257/2003-4, e do projeto *Integração de Ambientes Computacionais ao Aprendizado Exploratório em Ciências,* Processo CNPq 505663/2003-1, ambos financiados pelo CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Os integrantes da Equipe de Trabalho foram o Prof. Dr. Laércio Ferracioli, Rodrigo Marques Almeida da Silva e Thiéberson Gomes, e contou com contribuições de Rafael de Oliveira. Essa versão do *Manual do Usuário* do ***ModeLab²*** é preliminar e solicita-se àqueles que o utilizarem, que encaminhem suas críticas e sugestões para modelab2@sociedadedasaguas.org

1.1 Organização do Livro

Este manual é dividido em três partes que buscam seguir uma seqüência lógica. A primeira parte mostra como instalar sua versão do Ambiente ModeLab^2. A segunda parte detalha o Ambiente onde a medida que este vai sendo apresentado o exemplo de um modelo de um modelo especifico é exemplificado para você ao conhecer cada divisão do ambiente possa, se quiser, aprender a criar modelos fazendo o modelo que lhe é apresentado. A terceira etapa traz mais um exemplo para instruí-lo a construir modelos.

Sendo assim, este manual tem por objetivo fornecer instruções sobre o ambiente ModeLab^2, explicando como criar objetos, regras e modelos. Nele também são abordadas as diversas funcionalidades do ambiente, inclusive as ferramentas de análise de modelos.

1.2 Instalando o ModeLab^2

Instalar um exemplar do ModeLab^2 em seu computador é simples. Basta ir ao site http://modelab2.modelab.org/ e clicar na opção Download no menu esquerdo do site. Cadastre seu nome, instituição e e-mail e clique em enviar. Escolha a opção para Linux ou Windows com um clique. Salve o arquivo em seu computador e logo após dê um duplo clique no instalador baixado e clique em executar. Escolha a linguagem, clique em avançar, clique na opção "Eu aceito os termos do Contrato" e clique em Avançar. Para cadastrar o Nome do Usuário e a Empresa vá ao e-mail cadastrado onde você já terá recebido um e-mail da Equipe ModeLab^2. Abra o e-mail e obtenha as informações referentes a Nome de Usuário, Empresa e serial para instalação do ModeLab^2. Caso não tenha cadastrado nenhuma Empresa preencha com a opção N/A. Clique em avançar e no seu e-mail obtenha o serial para instalação. Clique em avançar. Escolha ou não a opção de ter um atalho na área de trabalho e clique em Instalar. Por fim clique em Concluir.

2. Conhecendo o ModeLab^2

Ao abrir sua versão do ModeLab^2 clique na opção ***Arquivo>Novo*** no Menu e preencha as informações na janela "Propriedades do Mundo" para identificar o modelo que será criado. Com isso o ambiente ficará com a aparência igual ao da Figura 1.
Assim como algumas ferramentas do Windows, o Ambiente de Modelagem Comptacional Qualitativo ModeLab^2 possui a opção Maximizar e você pode Maximizar as duas janelas clicando na opção "Maximizar Janela" mostrada abaixo.

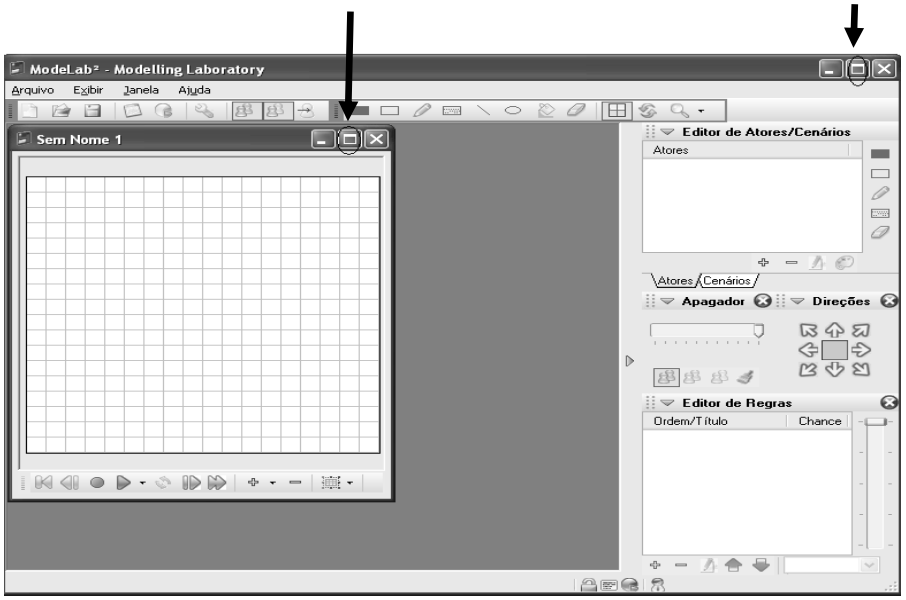


Figura 1: *Layout principal do ModeLab²*

O Layout Principal do Ambiente possui duas áreas principais:

- ***Área de Modelagem***
  Local onde o os objetos e regras são criados e editados;
- ***Área de Visualização***
  Local onde o modelo é simulado e visualizado;

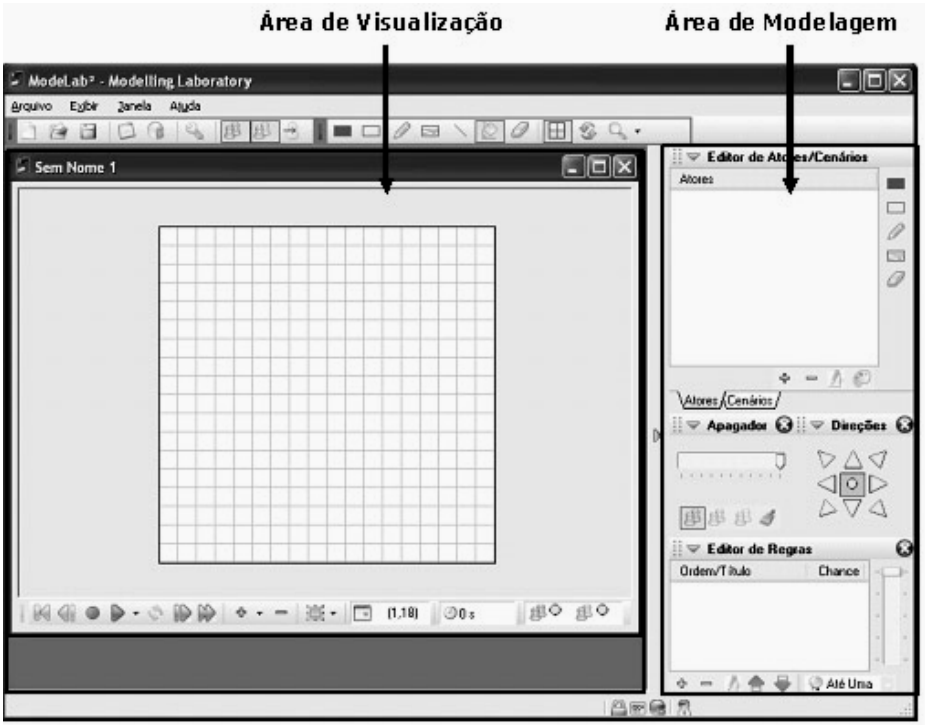


Figura 2: *Layout principal maximizado do ModeLab²*

O próximo passo é construir um modelo e essa construção se dá utilizando o conceito denominado de "*Objetos e Eventos*". No ambiente de modelagem, estes eventos são representados através de regras de interação entre os objetos que podem ser de dois tipos: os *Atores* e os *Cenários*. Os *Atores* são objetos que podem se mover na *Grade de Visualização*, já os *Cenários* são objetos que não possuem a propriedade de movimento. Além disso, os *Cenários* podem ser definidos como locais por onde os *Atores* podem passar. Ao criar um modelo no ModeLab^2, é necessário antes de tudo especificar quais objetos serão os *Atores* e quais serão os *Cenários*.

Como exemplo, no modelo reduzido de um jogo de futebol em um estádio, podemos ter os objetos:

- ***Atores*:** jogadores, bola, parede do estádio;
- ***Cenários*:** gramado, arquibancada;

2.1 Área de Modelagem

Aqui é o local onde o seu modelo é criado ou editado. A criação/edição é feita a partir da especificação de seus objetos e de suas regras de interação. Nesta seção será apresentado cada um dos componentes desta área.

Bem, o primeiro passo para construir o seu modelo é inserir os objetos que serão seus Atores e Cenários. Eles são criados no Editor de Objetos.

- ***Editor de Objetos***
  Aqui é o local onde os objetos do modelo são inseridos. Para visualizá-lo dê um duplo clique na Área de Modelagem. Neste local é possível inserir tanto atores quanto cenários, conforme mostrado na Figura 3.

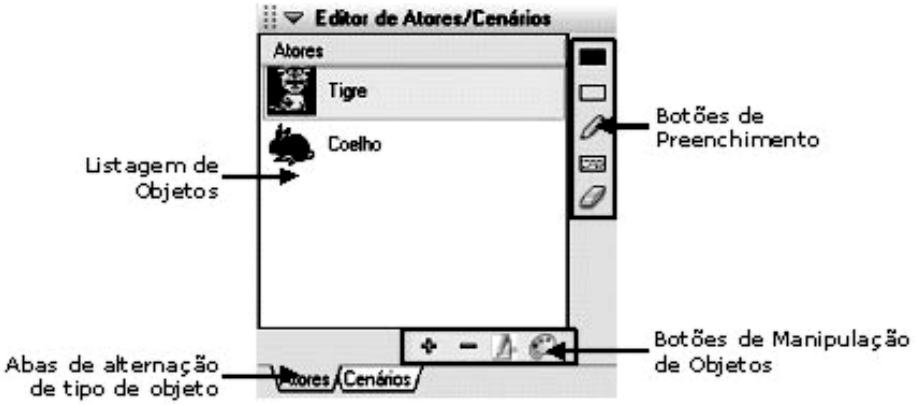


Figura 3: *Painel de Objetos*

Onde:

– **Listagem de Objetos**
Lista os objetos do modelo. Os objetos ficam dispostos em ordem de criação, mas é possível ordená-los alfabeticamente;

– **Botões de Preenchimento**
Permite escolher como os objetos serão desenhados na grade de simulação. De cima para baixo, os botões representam:

- **Quadrado preenchido**
  Desenha um quadrado totalmente preenchido do objeto desejado;
- **Quadrado não-preenchido**
  Desenha apenas a borda do quadrado com o objeto desejado;
- **Uma célula de cada vez**
  Faz o preenchimento de uma célula por vez com o objeto desejado;
- **Preenchimento aleatório**
  Desenha um quadrado com o preenchimento determinado por uma probabilidade;

O último botão é uma borracha, portanto, os objetos desenhados na grade são apagados quando ele está clicado.

OBS: Para desenhar os objetos na grade, primeiro deve-se clicar em um desses botões para depois clicar na Grade de Visualização;

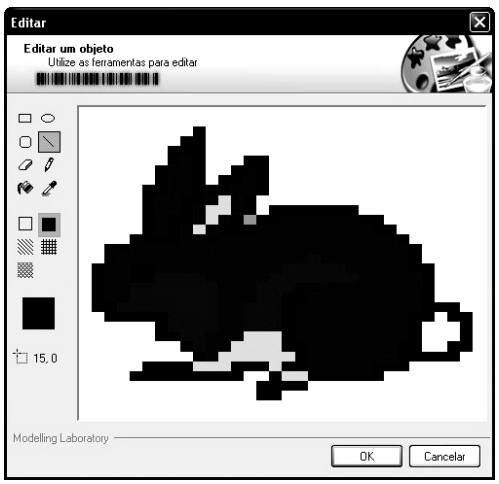


Figura 4: *Editor de imagens do ModeLab^2*

– **Botões de Manipulação de Objetos**
Da esquerda para a direita são os botões de a adição, remoção, edição do objeto e edição da imagem do objeto. Este último botão abre uma janela de desenho, mostrada na Figura 4, a qual permite que os objetos sejam desenhados;

– **Abas de Alternação entre os Tipos de Objeto**
Permite alternar entre a listagem de atores e cenários.

Para inserir um objeto no modelo basta clicar no botão **+** ou duas vezes na região da *Listagem de Objetos*. Assim, aparecerá uma janela com as *Galerias de Objetos*, nas quais os objetos são classificados de

acordo com suas características principais, como objetos inanimados, pessoas, animais, plantas, entre outros. Esta janela é mostrada na Figura 5.

Figura 5: *Janela de adição de Objetos*

Onde:

– **Galerias de Objetos**
Os objetos no ModeLab^2 são separados por galerias, cada uma com um tema diferente. É permitido ao usuário adicionar galerias de acordo com a necessidade;

– **Objetos da Galeria**
São aqueles objetos que pertencem à galeria selecionada. O ModeLab^2 também permite que o usuário adicione objetos às galerias conforme a necessidade;

– **Objeto Escolhido**
Mostra qual o objeto será adicionado ao modelo. Inicialmente, o objeto recebe um nome padrão, mas pode ser renomeado nesta janela ou posteriormente no *Editor de Objetos*;

– **Botões de Manipulação de Objetos a Adicionar**
São botões que permitem adicionar um objeto à galeria, importar uma imagem de um arquivo, exportar a imagem do objeto selecionado, colar uma imagem da área de transferência para o local onde se situa o objeto escolhido e editar o objeto escolhido conforme a necessidade;

– **Botão de importação on-line**
Permite que o usuário importe novos objetos e galerias através da Internet.

Também é possível acessar as opções de edição de objetos clicando com o botão direito do mouse sobre a *Listagem de Objetos*.

- ***Apagador***

Mostrado na Figura 6, permite apagar os objetos na grade de visualização. As formas de se apagar os objetos são: somente atores, somente cenários ou os dois ao mesmo tempo. Também é possível apagar aleatoriamente estabelecendo um *Grau de Limpeza*. Com isso, numa região selecionada, apenas a proporção determinada neste grau será apagada. Ainda no *Apagador*, o botão *Limpa a grade* apaga tudo que tenha sido desenhado na *Grade de Visualização*.

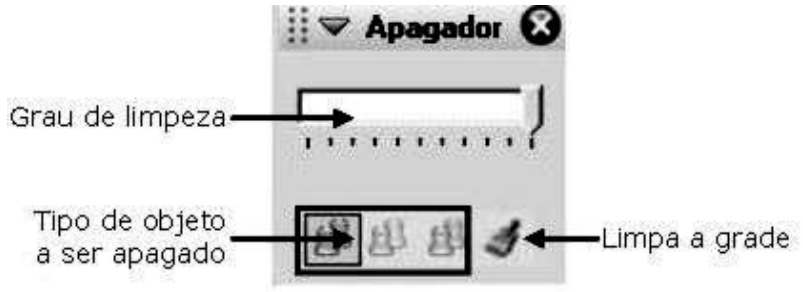


Figura 6: *Apagador*

- ***Direção do Objeto***

Permite especificar uma direção a cada objeto adicionado à *Grade de Visualização*. No ModeLab^2 cada objeto aponta para uma direção preferencial e para especificar essa direção é necessário escolher dentre uma das 8 direções possíveis, antes de desenhar um objeto na Grade de Visualização. Se uma das direções não for escolhida, será atribuída uma direção aleatória ao objeto. Esta ferramenta é mostrada na Figura 7.

Figura 7: *Botão de direção do objeto*

2.2 Modelagem no ModeLab^2:

Bem, antes de iniciarmos a criação de um modelo no Ambiente ModeLab^2 precisamos conhecer como é feita a modelagem no ModeLab^2. A utilização de modelos é percebida em todos os ramos da Ciência. No mundo de hoje os modelos são poderosas ferramentas no estudo de fenômenos climáticos, interações nucleares, desenvolvimento de tecnologias avançadas, dentre outros.

No contexto educacional os modelos se mostram também muito úteis, pois permitem aos estudantes terem contato com sistemas, a princípio, inalcançáveis com instrumentos simples. Neste sentido, a utilização de modelos no contexto educacional é muito incentivada. A modelagem é a ação de criar e manipular modelos, contudo, alguns tipos de modelagem são limitados, pois não permitem aos alunos simularem seus modelos após construí-los. Dessa forma, lança-se mão da Modelagem Computacional como forma de facilitar o acesso dos estudantes a modelos dinâmicos, não só por poderem ser executados e visualizados, mas também por poderem ser modificados.

Dessa forma, o ModeLab^2 foi desenvolvido para permitir a criação de modelos qualitativos e possibilitar a execução destes com o objetivo de testá-los e, se necessário, modificá-los.

A utilização deste ambiente de modelagem no contexto educacional pode ser realizada através de atividades de modelagem tanto exploratórias, onde o estudante apenas visualiza o comportamento do modelo, quanto expressivas, onde o estudante pode realizar modificações ou, até mesmo, criar seus próprios modelos (Gomes, 2004).

Os conteúdos que podem ser abordados através deste Ambiente de Modelagem estão relacionados às áreas de Biologia, Física, Matemática, Química, Ecologia, entre outras.

O ModeLab^2 pode ser aplicado a uma faixa etária que compreende desde crianças até adultos, sendo necessário apenas que estes possuam uma prática mínima com computadores.

2.3 Exemplo de Criação de Modelo:

Este exemplo visa explicar passo a passo os procedimentos necessários para a criação de modelos no ModeLab^2. Vale lembrar que antes de construir um modelo neste ambiente é adequado refletir sobre sua estrutura e a possibilidade de representá-lo na forma de objetos e eventos. Assim, a construção do modelo no papel, antes de sua implementação no ambiente computacional, pode levar a construção de um modelo mais próximo do sistema real, o qual ele representa.

2.3.1 Gás confinado em um recipiente:

2.3.1.1 Criação do Modelo:

No ModeLab^2, o estudo da difusão dos gases pode ser realizado através de um modelo bem simples. Com este modelo é possível observar as partículas do gás se movendo e ocupando homogeneamente o recipiente depois de um determinado tempo. Assim, o modelo "*Gás-Recipiente*" possui as seguintes características:

- **Sistema**
  Gás confinado em um recipiente;
- **Descrição**
  As partículas de um gás se movem aleatoriamente e colidem entre si e com as paredes do recipiente;

- **Atores**
  Partícula, Parede do recipiente;
- **Cenários**
  Nenhum;
- **Eventos**
  1. Partícula se move aleatoriamente;
  2. Partícula rebate em Partícula
  3. Partícula rebate em Parede;

O próximo passo é a implementação do modelo no ambiente ModeLab^2, para isso como sua versão do ModeLab^2 já está aberta. Agora vá ao menu ***Arquivo>Salvar*** e salve o arquivo com o nome "gas_recipiente.mdl2". O passo seguinte é inserir os objetos que farão parte do modelo do sistema a ser estudado. Para isso, selecione a aba dos *Atores* e clique no botão, indicado pelo número 1, na Figura 8. Selecione uma imagem que represente *Ator* "*Partícula*", e dê esse nome a ele.

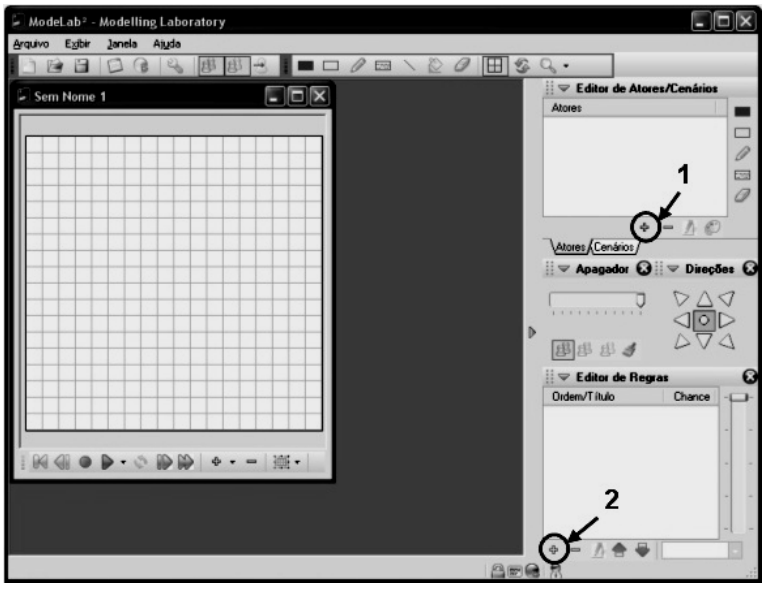


Figura 8: *Arquivo vazio do ModeLab^2*

Agora, adicione um outro *Ator* que possa representar uma parede. Repita o procedimento da mesma forma como foi feito para o objeto "*Partícula*".

O próximo passo do seu modelo é criar as regras para cada objeto. Isto é feito no Editor de Regras.

Editor de Regras

O *Editor de Regras* é mostrado na Figura 9.

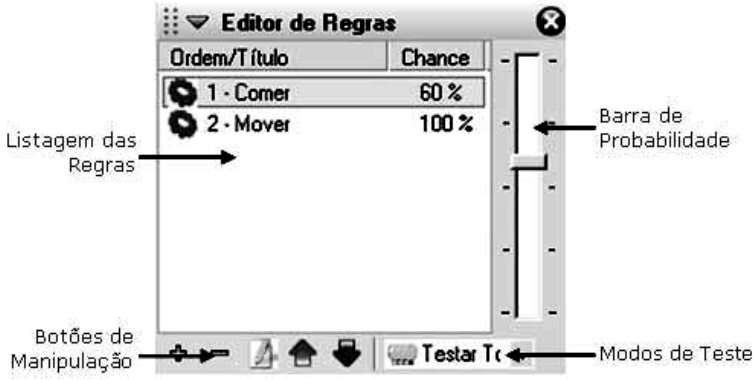


Figura 9: *Editor de Regras*

Onde:

– **Listagem das Regras**
Onde ficam listadas as regras criadas pelo usuário. A listagem mostra as regras pertencentes so objeto

selecionado no Editor de Objetos;

– **Botões de manipulação**
Permitem manipular a listagem das regras adicionando, removendo, editando e re-posicionando regras;

– **Barra de probabilidade**
Permite estabelecer uma probabilidade a cada regra criada. Esta probabilidade é associada a uma chance da regra ser executada;

– **Modos de teste**
Permite ao usuário escolher como quer que a listagem de regras seja executada:

- ***Até uma***
  a cada passo de tempo, testa a lista de regras até que uma seja executada;
- ***Testar todas***
  a cada passo de tempo executa toda a listagem de regras;
- ***Escolhe uma***
  a cada passo de tempo executa apenas uma regra escolhida aleatoriamente;

2.4. Regras de Interação

Os eventos de um modelo são resultados de regras de interação entre os objetos. Neste sentido, no ModeLab^2, cada objeto de um modelo pode possuir diversas regras que combinadas entre si e com as regras dos outros objetos geram os eventos do modelo. Essas regras podem ser dos seguintes tipos:

- ***Criação/Modificação***
  Criam objetos ou modificam objetos criados;
- ***Movimento***
  Mudam a posição dos objetos;
- ***Direção***
  Modificam a direção preferencial dos objetos;

Geralmente, uma regra possui a seguinte estrutura:

se condição inicial ***então*** efeito

Contudo, no contexto da construção de modelos no ModeLab^2, as regras são construídas seguindo três passos básicos:

1° Passo: Condição Inicial
Para que uma regra seja criada neste ambiente é necessário inicialmente especificar qual a condição inicial para que ela seja executada;

2° Passo: Mudança
É necessário, também, estabelecer qual tipo de mudança ocorrerá nesta regra. As mudanças podem estar relacionadas à modificação dos objetos, posição dos objetos ou direção dos objetos;

3° Passo: Efeito
Por último se estabelece qual será o efeito gerado pela regra.

Finalmente, após a construção de regras, é possível estabelecer também probabilidades das regras criadas serem executadas. A especificação destas probabilidades é que determina o comportamento do modelo. Se as probabilidades não forem bem estabelecidas, mesmo que o modelo seja construído corretamente, dificilmente ele se comportará com o esperado.

Considerando inicialmente um modelo genérico para a construção de regras é dado um exemplo dos passos a serem seguidos para criação de regras.

2.4.1. Criando Regras

Atenção: Aqui são mostrados passos genéricos a serem seguidos para a criação de regras, o nosso exemplo de um gás confinado em um recipiente terá continuidade logo após essas demonstrações, o importante aqui é você conhecer como são criadas regras no Ambiente ModeLab2 e logo após observar a criação de regras para o nosso modelo.

Para adicionar uma regra ao modelo é necessário, inicialmente, especificar a qual objeto a regra será associada. Feito isso, para abrir a *Janela de Edição de Regras* clica-se no botão **+ mostrado na figura 29 n° 2**

na área da listagem das regras. Fazendo isso, surgirá a janela mostrada na Figura 10, que mostra o Passo 1 do processo de criação de regras.

Figura 10: *Processo de Criação de Regras - Passo 1*

Onde:

- ***Direcionador***
  Este botão faz com que a regra seja executada somente na direção preferencial do objeto. O exemplo a seguir mostra com seriam os efeitos da utilização deste botão.

  Regra: *se* *tigre ao lado de coelho,* ***então*** *tigre se alimenta de coelho;*
  Situação: *tigre ao lado de coelho*;

  Dessa forma:
  – **Sem o *Direcionador* selecionado**
  A regra será executada independente da direção preferencial da raposa;
  – **Com o *Direcionador* selecionado**
  A regra só será executada se o coelho estiver na célula apontada pela direção preferencial da raposa;
- ***Lista dos Atores do modelo***
  Possui, além dos atores do modelo, os *atores especiais* "*sem ator*", que indica uma célula sem atores, e *"qualquer ator"*, que simboliza uma célula com qualquer um dos atores do modelo;
- ***Lista dos Cenários do modelo***
  Possui, além dos cenários do modelo, os *cenários especiais* "*sem cenário*", que simboliza uma célula sem cenários, e "*qualquer cenário*", que simboliza uma célula com qualquer um dos cenários do modelo;
- ***Condição Inicial***
  É o local onde se estabelece a condição pela qual a regra será executada. Neste local, a célula da esquerda contém o objeto ao qual a regra pertence.

O procedimento para o estabelecimento da condição inicial é clicar em um dos objetos, das listas de atores e cenários do modelo, e arrastá-los para o local indicado por *Condição Inicial*, na Figura 10, e clicar no botão *Avançar>*. Os objetos envolvidos neste passo determinarão as opções dos passos seguintes. Assim, para a condição inicial estabelecida na Figura 9, têm-se as opções mostradas na Figura 11.

Figura 11: *Processo de Criação de Regras - Passo 2*

Desta forma, percebe-se que quando um "*sem ator*" é envolvido na regra, aparece a opção de mudança "*posição do ator*" no segundo passo. Isso significa que o ator pode se movimentar se não há um outro ator na célula vizinha.

Portanto, caso o "*sem ator*" não seja envolvido na condição inicial, as opções de modificação serão limitadas à modificação nos objetos e em suas direções.

Selecionando uma opção de mudança e clicando no botão *Avançar* >, surge a janela referente ao Passo 3 da criação da regra, mostrada na Figura 12. Nela o usuário pode escolher qual o efeito da mudança selecionada no passo anterior e assim finalizar a regra.

Figura 12: *Processo de Criação de Regras - Passo 3*

Com na situação anterior, a escolha feita no Passo 2 modifica as opções de efeito no Passo 3. Quando a modificação é na "*posição do ator*", surgem efeitos de movimento. Os possíveis efeitos de movimento são "*pular para*", que faz com que os atores se movam em direções aleatórias, e "*rolar para*", que faz com que o ator se mova em linha reta, na sua direção preferencial. Se no Passo 2 a escolha for a modificação na direção de objetos, as opções do Passo 3 serão semelhantes às mostradas na figura 13.

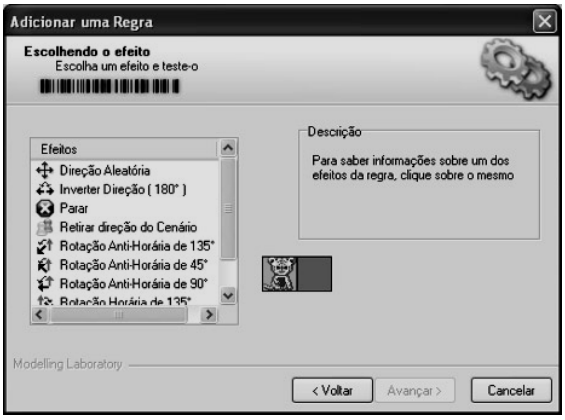


Figura 13: *Processo de Criação de Regras - Passo 3*

Caso a modificação escolhida seja nos objetos, o Passo 3 mostrará uma janela semelhante à mostrada na Figura 14. Neste caso, o efeito será estabelecido da mesma forma do Passo 1, clicando e arrastando objetos para o local denominado *Efeito* na figura.

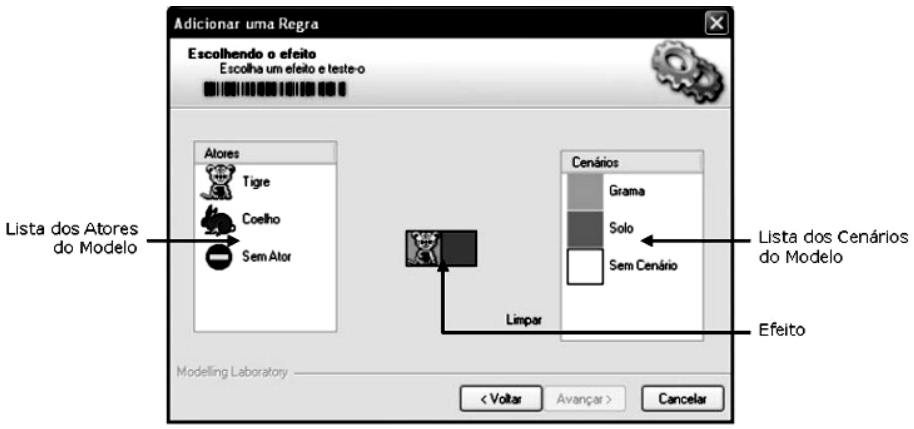


Figura 14: *Processo de Criação de Regras - Passo 3*

Finalmente, clicando-se em avançar, surge uma última janela onde é possível nomear a regra. Ela é mostrada na Figura 15.

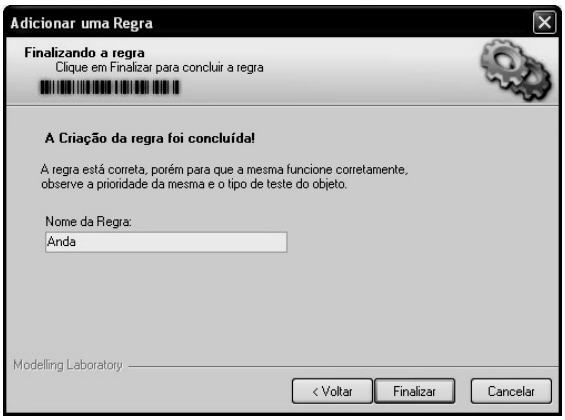

Adicionar uma Regra
Finalizando a regra
Clique em Finalizar para concluir a regra
A Criação da regra foi concluída!
A regra está correta, porém para que a mesma funcione corretamente, observe a prioridade da mesma e o tipo de teste do objeto.
Nome da Regra:
Anda
Modelling Laboratory
< Voltar
Finalizar
Cancelar

Figura 15: *Finalização do processo de criação de regras*

2.4.2 Gás confinado em um recipiente:

2.4.2.1 Criação de Regras:

Agora podemos criar as regras para o nosso modelo em questão de um gás confinado em um recipiente, apenas o objeto "*Partícula*" possui regras, assim, selecione este *Ator* no *Painel dos Objetos*, vá ao painel das regras e clique no botão de adição de regras, indicado pelo número 2, na Figura 29.

- **Regras**
  1. **se** Partícula ao lado de local vazio, **então** Partícula se move aleatoriamente;
  2. **se** Partícula bate em Partícula, **então** elas trocam de direção entre si;
  3. **se** Partícula bate em Parede, **então** ela muda a direção de acordo com o ângulo de incidência;
- **Regras no contexto do ModeLab^2**

Passo1	Passo2	Passo3
I. **Partícula** ao lado de ***sem ator***	Muda posição de **Partícula**	**Partícula** se move aleatoriamente
II. **Partícula** ao lado de **Partícula**	Muda direção de **Partícula**	**Partículas** trocam de direção entre si
III. **Partícula** ao lado de **Parede**	Muda direção de **Partícula**	**Partícula** rebate

Tabela 1: *Regras do modelo "Gás-Recipiente"*

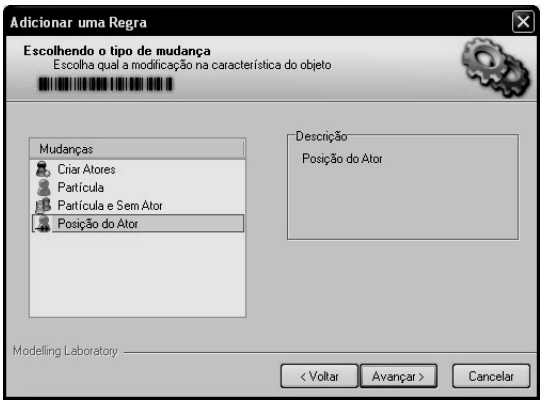
Para as regras da Tabela 1 a construção dos três passos é descrita abaixo:

I. Partícula se move aleatoriamente

Passo 1: *Partícula ao lado de sem ator*

Clicar e arrastar o objeto especial "*Sem Ator*" para a célula da direita na condição inicial

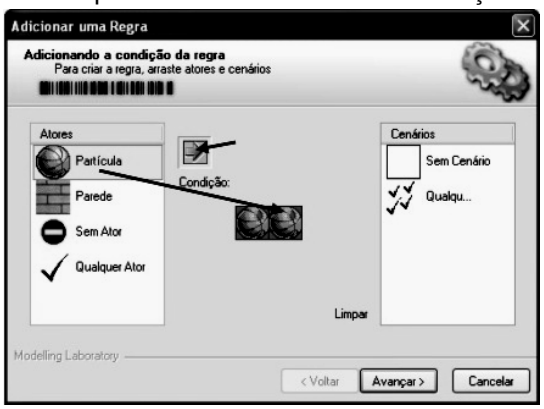
Passo 2: *Posição de Partícula*
Clicar na opção *Posição do Ator*



Passo 3: *Partícula se move*
Selecionar a opção *pular para*

II. Partícula rebate em Partícula

Passo 1: *Partícula ao lado de Partícula, com o Direcionador pressionado*
Clicar e arrastar "*Partícula*" para a célula da direita na condição inicial. Clicar no *Direcionador*



Passo 2: *Muda a direção de Partícula e Partícula*

Clicar na opção *Direção de Partícula e Partícula*

Passo 3: *Trocar direções*

Selecionar a opção disponível

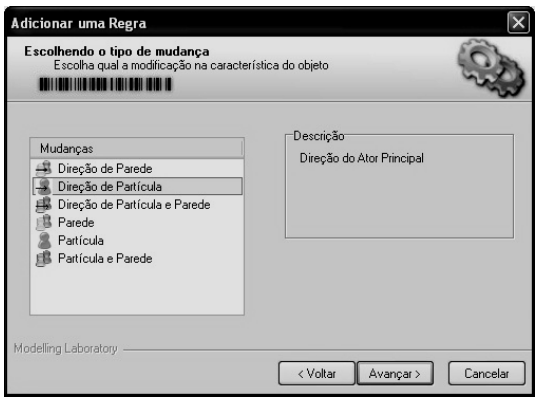
III.Partícula rebate em Parede

Passo 1: *Partícula ao lado de Parede, com o Direcionador pressionado*

Clicar e arrastar "*Parede*" para a célula da direita na condição inicial. Clicar no *Direcionador*

Passo 2: *Muda a Direção de Partícula*

Clicar na opção *Direção de Partícula*



Passo 3: *Muda a direção de Partícula*
Clicar no efeito *Rebater*

2.4.3. Direções de Execução de Regras

No processo de construção de regras é possível especificar qual das oito vizinhanças a regra levará em conta na sua execução. Por exemplo, em uma regra que simule uma queda de um objeto apenas as vizinhanças de baixo devem interferir na sua execução. Assim, ao criar esta regra de queda de um objeto, é necessário deixar as vizinhanças conforme mostra a Figura 16.

Para acessar esta janela é necessário habilitá-la nas configurações avançadas do ModeLab^2. Basta clicar no menu ***Arquivo>Configurações>Avançadas*** e selecionar a opção "*Habilitar seleção de vizinhos*", mostrado na Figura 5.

A seleção dos vizinhos desejados é feita clicando-se sobre eles e alternado entre "*selecionado"* e *"não-selecionado*".

Figura 16: *Janela de seleção de vizinhos*

2.4.4. Resumo da Regra

Através da ferramenta *Resumo da Regra* é possível visualizar os passos de construção de regras de uma só vez.

Esta ferramenta também permite que este resumo seja salvo em um arquivo de imagem, clicando em Exportar resumo, indicado na Figura 17. Isso possibilita posteriores análises sobre as regras de um modelo, sem que seja necessário abri-lo no ModeLab^2.

Outra funcionalidade dessa ferramenta é a possibilidade de edição da regra a partir de qualquer um dos três passos de edição de regras. Para isso basta clicar em um dos botões *Editar Regra,* indicado na Figura 17, para que se abra a janela correspondente ao passo desejado.

Esta forma de modificação é importante quando se percebe que um modelo não está se comportando como o esperado por causa de uma regra que foi criada incorretamente. No caso, se o problema desta regra estiver no Passo 2, é possível editá-la sem precisar passar pelo Passo 1. Da mesma forma, se o erro estiver no Passo 3, não seria necessário passar pelos Passos 1 e 2.

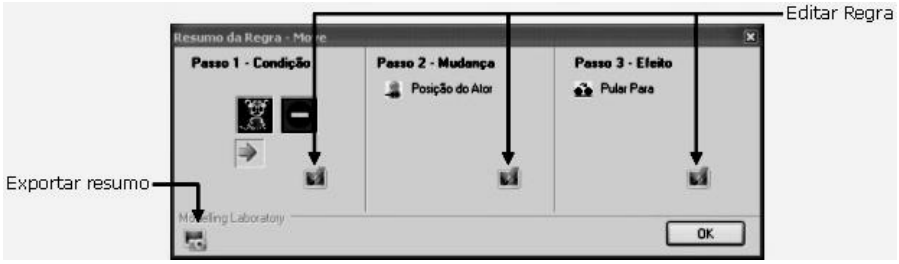


Figura 17: *Resumo da regra*

2.5. Área de Simulação e Visualização

No Ambiente ModeLab^2, cada objeto, quando desenhado na *Grade de Visualização* recebe uma direção preferencial. Esta direção pode ser fornecida aleatoriamente pelo Ambiente, ou ser estabelecida pelo usuário, através do *Botão das Direções*. Esta direção preferencial pode ser entendida como a "direção que o objeto aponta". Como exemplo tem-se que:

"se um cachorro vê um gato, ele o persegue"

""se o gato passa longe da visão do cachorro, ele não percebe e não o persegue"

Outro exemplo mais genérico seria:

"se um Ator se move em linha reta, ele se moverá apenas na sua direção preferencial"

Para simular um modelo é necessário criar uma cena, ou estado inicial do modelo. No contexto da criação de modelos no ModeLab^2, a cena deve ser desenhada na *Grade de Simulação* e é a partir desta cena que o modelo evoluirá.

Uma outra possibilidade de visualização da simulação é através do *Gráfico da Simulação*, no qual é possível analisar como as quantidades dos objetos se comportam durante a simulação.

2.5.1. Grade de Visualização

Nesta forma de visualização, o estudante pode observar:

- comportamento de cada objeto isoladamente;
- o comportamento de objetos semelhantes interagindo;
- o comportamento de objetos diferentes interagindo.

Com esse tipo de visualização o estudante pode observar o comportamento do modelo e tentar compreender tanto o comportamento de cada objeto, como o comportamento do modelo como um todo. Assim, ele pode verificar como interações de regras locais interferirem no comportamento global do modelo.

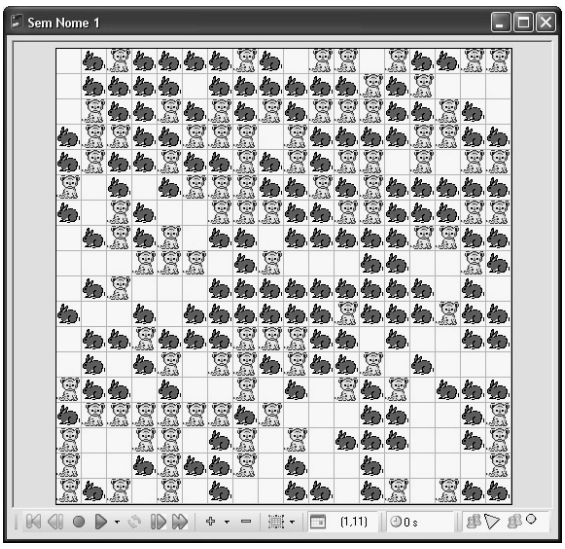


Figura 18: *Grade de Simulação e Visualização*

Com é observado na base da Figura 18, a *Grade de Simulação* possui uma barra de ferramentas. Através dela é possível controlar tanto a velocidade da simulação, quanto variar o número de linha e colunas da grade. Ela é mostrada na Figura 19.

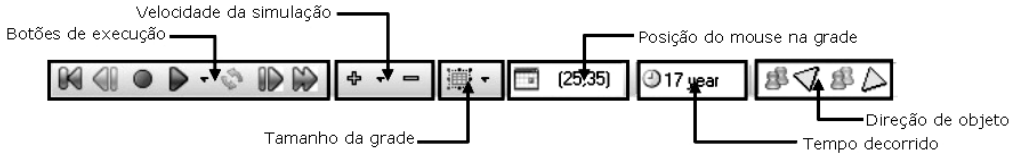


Figura 19: *Ferramentas da Área de visualização*

Onde:

- ***Botões de execução***
  Permitem manipular a execução da simulação. São os botões voltar ao início, voltar um passo, gravar simulação, executar a simulação, finaliza simulação, avançar um passo e avançar rapidamente. O botão de gravação da simulação permite salvar a simulação em um arquivo de animação que pode ser visualizado fora do ModeLab^2. O botão de executar a simulação possui três opções diferenciadas: Exibe a imagem da grade a cada XX passos de tempo, Exibir todas as imagens da grade e Exibe a imagem da grade após XX passos de tempo e pausa a simulação;
- ***Velocidade da simulação***
  Permite estabelecer a velocidade com a qual a simulação será executada. É possível escolher entre três velocidades pré-estabelecidas: rápida, média e devagar. Para aumentar ou diminuir a velocidade basta clicar nos botões + ou - ou estabelecer um valor diferente clicando no botão entre eles e escolhendo a opção Personalizar.
- ***Tamanho da grade***
  Permite modificar a largura e a altura da grade de simulação. Existem alguns tamanhos predefinidos, mas o estudante pode alterar da forma com desejar estes tamanhos. É possível especificar também um valor de largura diferente da altura;
- ***Posição do mouse na grade***
  Este local fornece a posição do cursor do mouse quando ele passa sobre a grade de simulação;
- ***Tempo decorrido***
  Fornece o tempo decorrido desde o início da simulação;
- ***Direção de objeto***
  Fornece a direção intrínseca do *Ator* e do *Cenário* que estiverem sob o cursor do mouse. A seta da esquerda se refere à direção do *Ator*, enquanto que a da direita se refere á direção do *Cenário*;

Como forma de auxiliar no processo de análise de modelos, o ModeLab^2 permite que a *Grade de Simulação* seja exportado de três maneiras:

- ***Exportar a imagem da grade***
  Exporta a imagem mostrada na grade, naquele instante. Para fazer isso basta ir no menu ***Arquivo>Exportar>Imagem da Grade***;

- ***Exportar as posições dos objetos na grade***
  Exporta em um arquivo de texto as posições dos objetos na forma de uma matriz. A cada objeto é dado um número, e este número é disposto na matriz na posição que o objeto ocupa na *Grade de Simulação*. Para isso basta ir no menu ***Arquivo>Exportar>Posições dos Objetos***. As posições dos *Atores* e dos *Cenários* são exportadas em arquivos diferentes;
- ***Exportar a direções dos objetos***
  Exporta em um arquivo de texto as direções dos objetos na forma de uma matriz. A cada objeto é associado um número, e este número é disposto na matriz na posição que o objeto ocupa na *Grade de Simulação*. Para isso basta ir no menu ***Arquivo>Exportar>Direções dos Atores***. As direções dos *Atores* e dos *Cenários* são exportadas em arquivos diferentes;

2.5.2 Gás confinado em um recipiente:

2.5.2.1 Visualização do Modelo:

No nosso modelo após a criação das regras faça um desenho na grade como aquele mostrado na Figura 30: uma borda com o *Ator* "*Parede*" e um quadrado no centro da *Grade de Visualização* com o ator "*Partícula*". Os procedimentos de desenho são explicados na seção *Área de Modelagem*.

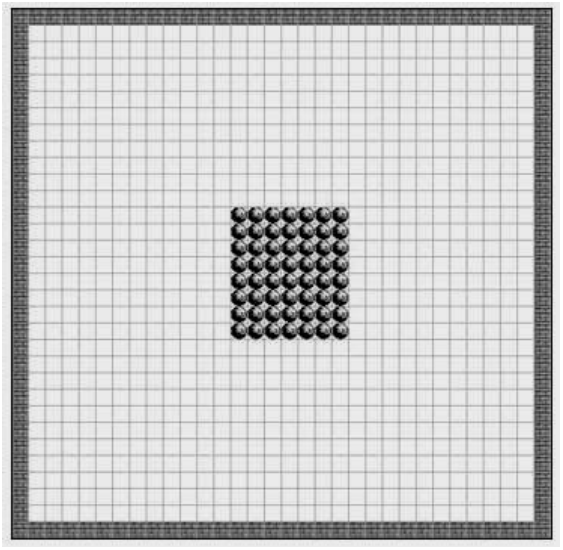


Figura 20: *Estado inicial do modelo do Gás Confinado em um Recipiente*

Tendo feito o desenho na grade, clique no botão indicado na Figura 12 para simular o modelo. A Figura 21 mostra uma seqüência de imagens capturadas da simulação do modelo "*Gás-Recipiente*" a cada determinado número de passos de tempo. Nesta seqüência observa-se o comportamento de difusão das partículas do gás de forma a tornar a sua distribuição homogênea.

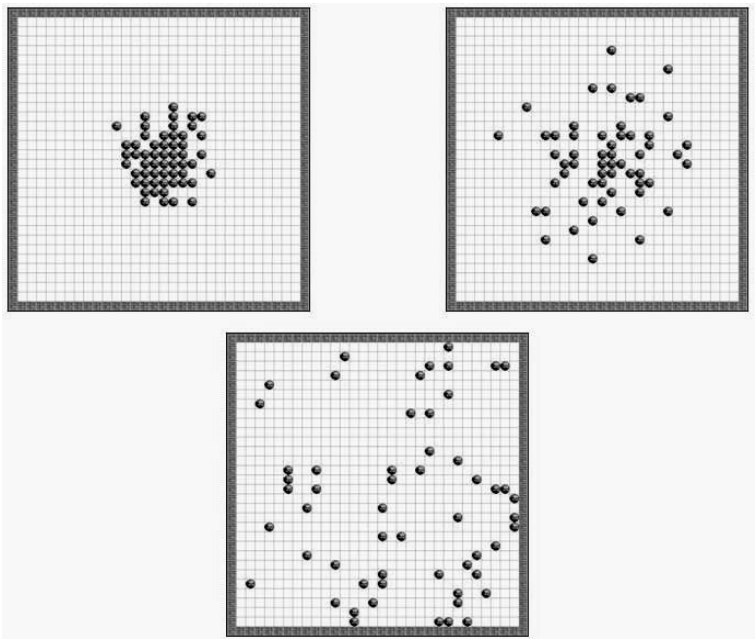


Figura 21: *Seqüência da simulação do modelo do Gás-Recipiente*

Aqui termina a montagem do nosso modelo e com ele você conheceu como criar um modelo especifico, dar regras de interação entre os objetos e por visualizá-lo para interpretar seus resultados. Mas o Ambiente ModeLab2 possui ainda uma ferramenta muito interessante que pode ser usada em diversos outros modelos a serem criados por você. É a ferramenta de análise gráfica que você irá conhecer agora.

2.5.3. Gráfico de Análise

Uma segunda forma de visualização permite ao estudante observar como as quantidades dos objetos variam com o decorrer do tempo. Nesta outra forma, também é possível comparar os gráficos de mais de um objeto ao mesmo tempo, e assim, perceber se existe alguma relação entre as populações de objetos diferentes, como mostra a Figura 22. Também é possível exportar os dados da simulação para um arquivo texto que pode ser aberto em um programa de tratamento matemático externo. Para mostrar a janela do *Gráfico* basta clicar no menu *Exibir>Análises Gráficas.*

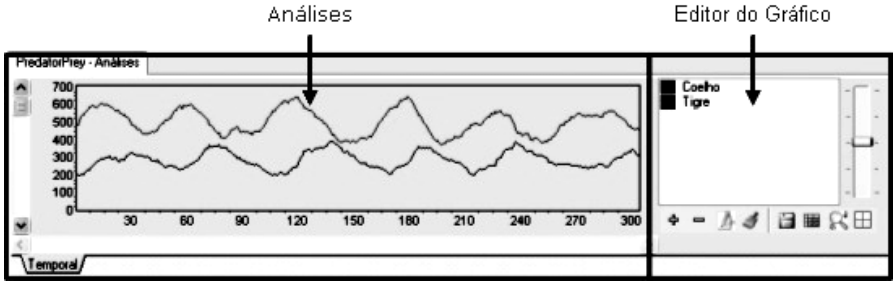


Figura 22: *Gráfico de Análise de modelos*

Para analisar o comportamento de um objeto do modelo é necessário criar um *Item de Análise*: informações retiradas da simulação para serem desenhadas no *Gráfico*.

Os *Itens de Análise* são adicionados ao *Editor do Gráfico*, mostrado em detalhe na Figura 23. Este local possui algumas ferramentas úteis tanto para a visualização do *Gráfico* quanto para a obtenção dos dados gerados pela simulação.

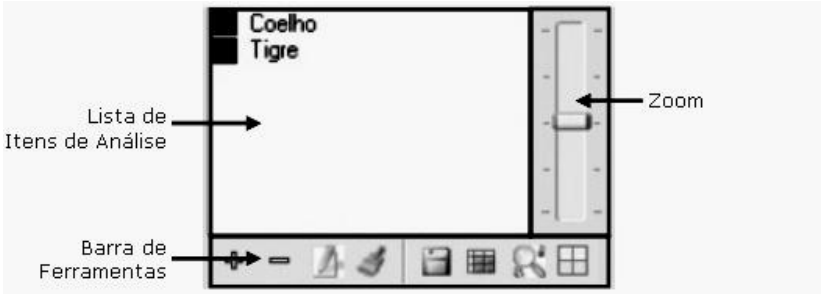


Figura 23: *Editor do Gráfico*

Onde:

- ***Lista de Itens de Análise***
  Local onde os *Itens de Análise* são dispostos após terem sido criados. Caso a simulação do modelo seja parada e reiniciada, sem que o *Gráfico* tenha sido apagado, os itens adicionados pelo usuário são mantidos e cópias destes itens são criadas pelo ModeLab^2 para que o usuário possa comparar duas simulações diferentes. Por exemplo, um modelo é simulado uma primeira vez e a simulação fornece um gráfico. É possível manter este gráfico, modificar os parâmetros do modelo e simulá-lo novamente. Dessa forma, a nova simulação fornece um novo gráfico que pode ser comparado com o anterior. A Figura 24 mostra um exemplo de aplicação.

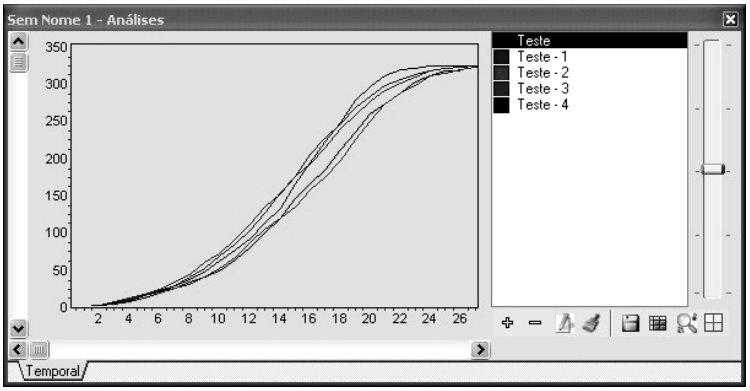


Figura 24: *Gráficos de várias simulações*

- ***Zoom***
  Permite fazer um zoom no *Gráfico* para analisar seu comportamento em escalas menores;
- ***Barra de Ferramentas***
  Mostrada na Figura 25, nela é possível realizar diversas operações relacionadas ao gráfico da simulação.

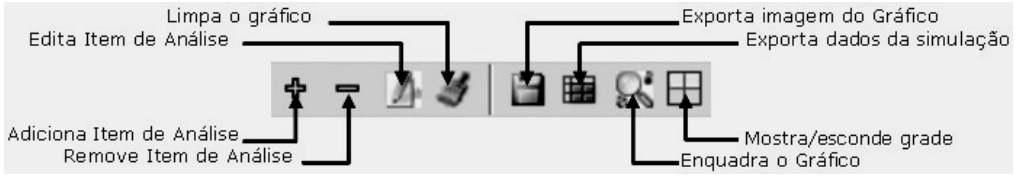


Figura 25: *Barra de ferramentas do gráfico*

Onde:

– **Adiciona Item de Análise**
Ao clicar neste botão surge a janela mostrada na Figura 27 onde é possível estabelecer um *Item de Análise* sobre a simulação do modelo. Para criá-lo basta arrastar um *Ator* e um *Cenário* para o local "*Item de Análise*", mostrado na Figura 26. Um exemplo de criação de item de análise seria:

1. Clicar no *Ator* "*Coelho*" e arrastá-lo até o local especificado;
2. Clicar em "*Qualquer Cenário*" e também arrastá-lo para o local especificado;

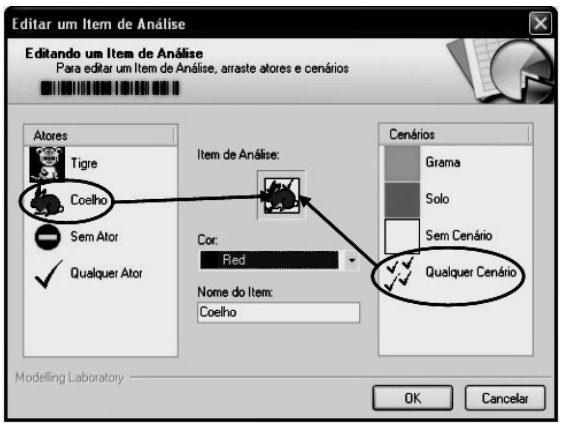


Figura 26: *Janela de criação dos Itens de Análise*

Esse procedimento cria um *Item de Análise* que conta quantos *Atores* "*Coelho*" estão na *Grade de Simulação* por passo de tempo e desenha no *Gráfico* a evolução desta quantidade.

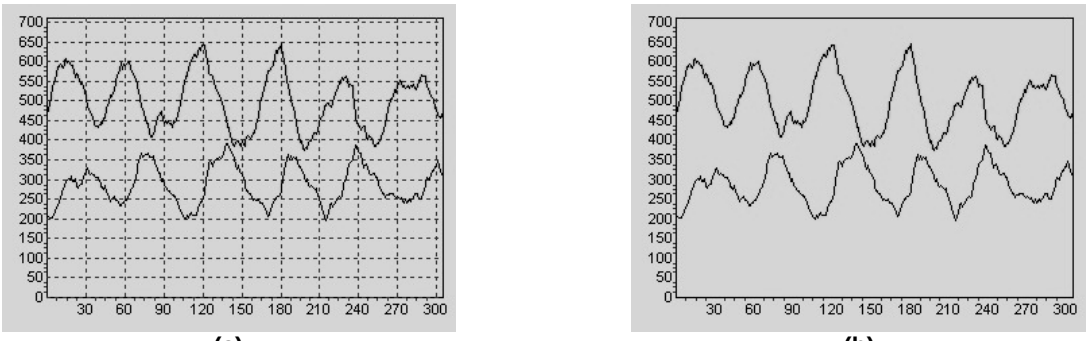
– **Limpa o gráfico**
Limpa o *Gráfico* gerado na simulação e também apaga os *Itens de Análise* criados automaticamente pelo ModeLab^2. Esta ferramenta também apaga a tabela de dados gerados por simulações anteriores;

– **Exporta imagem do gráfico**
Permite salvar o *Gráfico* gerado pelas simulações em um arquivo de externo de imagem;

– **Exporta dados da simulação**
Permite salvar a tabela de dados das simulações em um arquivo de texto o qual pode ser aberto em um programa externo de análise de dados;

– **Enquadra o Gráfico**
Após um grande número de passos de tempo, a curva desenhada se torna maior do que a área visível para o gráfico. Por isso, em relação ao eixo Y, eixo das quantidades, o próprio ModeLab^2 faz com que as escalas se adaptem para comportar o gráfico dentro da área visível. Porém, isso não ocorre com o eixo X, eixo do tempo, o qual passa a rolar para a esquerda conforme o tempo vai aumentando. Isso permite visualizar o gráfico sendo desenhado, mas faz com que desenho do início da simulação fique escondido. O botão identificado por *Enquadra o Gráfico*, na barra de ferramentas adapta o eixo X de forma a dispor todo o *Gráfico* desenhado na área visível. Contudo é necessário de tempos em tempos clicá-lo, pois o *Gráfico* continua a ser desenhado e se torna maior que a área visível.

– **Mostra/esconde linhas de grade**
Mostra ou esconde as linhas de grade do *Gráfico* permitindo diferentes análises;



(a) **(b)**

Figura 27: *Gráfico de Análise (a)com e (b)sem as linhas de grade*

Também é possível fazer um zoom no gráfico clicando sobre ele desenhando um quadrado, da esquerda para a direita e de cima pra baixo, na região desejada. Para voltar o gráfico ao tamanho normal basta desenhar um quadrado da direita para a esquerda e de baixo para cima.

2.6. Menu principal

O *Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab^2* possui uma interface constituída de Menus e Ferramentas com os quais é possível acessar qualquer parte do Ambiente. Através deles é possível criar um arquivo e salvá-lo. Também possibilitam ao usuário modificar as funcionalidades do ambiente, incluindo o idioma e a forma como as regras são criadas. Nesta seção será realizada uma descrição do *Ambiente*

ModeLab^2, buscando varrer todas as suas funções e ferramentas.

Através do Menu Principal é possível gerenciar todas as funcionalidades do *Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab^2*.

2.6.1. Arquivo

Fornece opções para a manipulação de arquivos de modelos e também para configurar o ambiente.

- ***Novo***
  Inicia a criação de um modelo;
- ***Abrir***
  Abre um modelo criado anteriormente;
- ***Recentes***
  Lista os últimos modelos acessados;
- ***Salvar***
  Salva o modelo criado ou modificado;
- ***Salvar como...***
  Permite salvar o modelo em foco com um nome diferente;
- ***Salvar tudo***
  Salva todos os modelos abertos de uma só vez;
- ***Exportar***
  Permite fazer exportação de diversas informações do modelo em arquivos separados que podem ser analisados posteriormente. As formas de exportação de informações são:
  - **Regras**
    - **Estrutura do modelo**
      Fornece, na forma de uma tabela, a estrutura completa do modelo incluindo suas propriedades e os objetos criados. Também fornece as regras de cada objeto separando aquelas que possuem estrutura semelhante. Isso permite fazer uma relação das regras de objetos diferentes do modelo, mas que possuem estruturas semelhantes. Nesta tabela, os três passos de construção das regras são explicitados;
    - **Estrutura de regras**
      Fornece uma imagem na forma de grafo da estrutura do modelo contendo os objetos criados e associando aqueles que possuem regras semelhantes;
    - **Todas as regras**
      Permite exportar o resumo de cada regra separadamente em arquivos de imagens;
  - **Grade de Visualização**
    - **Posições dos Objetos**
      Salva em arquivo de texto as posições dos *Atores* e dos *Cenários* na forma de uma matriz. As matrizes de posições de cada tipo de objeto é salva em um arquivo diferente;
    - **Direções dos objetos**
      Salva em arquivo de texto as direções dos *Atores* e dos *Cenários* na forma de uma matriz. As matrizes de direções de cada tipo de objeto é salva em um arquivo diferente;
    - **Imagem da Grade**
      Salva em um arquivo externo a imagem da grade mostrada na tela;
  - **Relatório**
    Salva em um arquivo texto as operações realizadas pelo usuário durante a construção de modelos;
- ***Visualizador das Operações***
  Mostra na tela as operações realizadas pelo usuário desde a criação do modelo;
- ***Propriedades***
  Permite editar/modificar as propriedades do modelo. Neste item é possível nomear o modelo, identificar o tema a que pertence, indicar a unidade de tempo utilizada, preencher uma descrição do modelo e criar uma senha de proteção para o modelo;
- ***Configurações***
  Permite configurar o ambiente ModeLab^2 de acordo com o seu objetivo de uso. Estão divididas em quatro categorias:
  - **Geral**
    Permite configurar o idioma do ambiente de modelagem, além das opções de salvamento automático do modelo, exibir a janela “Propriedades” dos modelos quando um novo modelo é iniciado, registro das

operações do usuário e o intervalo de tempo para o salvamento automático do modelo. A janela de configurações gerais é mostrada na Figura 28;

Figura 28: *Configurações gerais do ModeLab²*

– **Gráficos**

Mostrada na Figura 29, permite configurar a visualização da curva gráfica gerada pela simulação do modelo. Permite, ainda, que as escalas sejam estabelecidas como logarítmicas ou decimais;

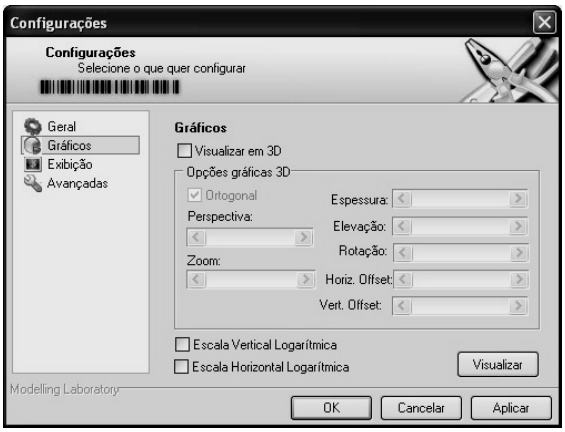


Figura 29: *Configurações da Aparência do Gráfico da Simulação do ModeLab²*

– **Exibição**

Mostradas na Figura 4, estas opções permitem que o ModeLab^2 utilize a aparência dos programas do Windows XP®. O que diferencia este estilo é o fato dos menus e janelas possuírem uma aparência em 3D e bordas suaves;

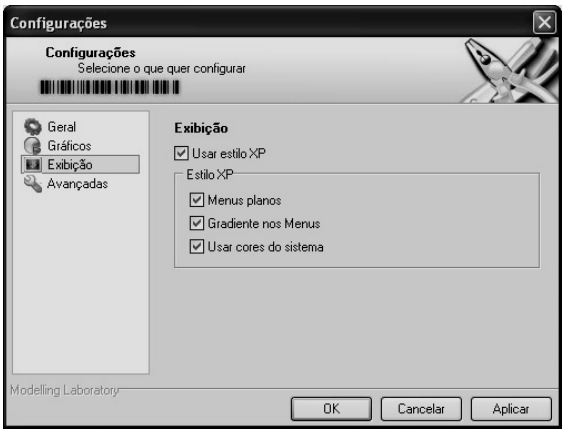


Figura 30: *Configurações de Exibição do ModeLab²*

– **Avançadas**

A Figura 30 mostra as opções avançadas do ModeLab^2, as quais permitem configurar o nível de

compressão dos arquivos de modelos, a forma como os vizinhos são selecionados, o número de retrocessos na simulação, habilitação da janela de seleção da vizinhança e habilitação da janela de nomeação de regra. Estas duas últimas opções podem ser utilizadas no caso de atividades introdutórias ao ambiente de modelagem. Dessa forma, o professor/pesquisador pode restringir o trabalho dos estudantes ao construírem modelos, permitindo que eles tenham as atenções voltadas principalmente para o modelo em si e não para a ferramenta. A opção "Algoritmo de Seleção de Vizinhos" é a forma como o ModeLab^2 fará a escolha dos vizinhos na execução da regra. Neste sentido, se a opção *Conta e seleciona* estiver selecionada, ele primeiro verifica quais lados foram selecionados na janela de seleção de vizinhança e depois seleciona um para executar a regra. No outro caso, *Escolha Aleatória*, o ambiente faz a escolha sem levar em conta a vizinhança selecionada pelo usuário;

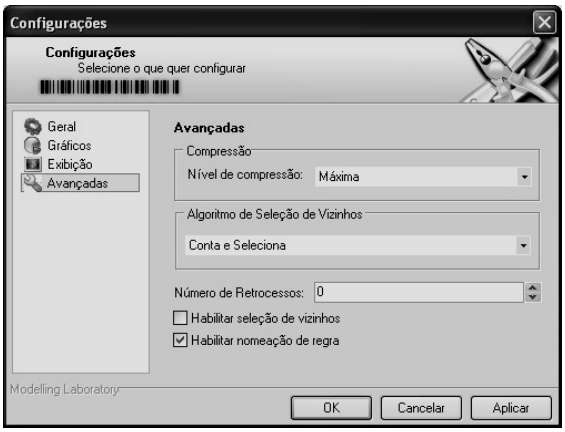


Figura 31: *Configurações Avançadas do ModeLab²*

- ***Sair***
  Fecha o modelo e sai do ambiente de modelagem ModeLab^2.

2.6.2. Exibir

Permite que o usuário selecione para exibição apenas as ferramentas que necessite utilizar nas diversas modalidades de atividades de modelagem. Assim é possível mostrar/esconder as seguintes ferramentas:

- *Barra de ferramentas*
- *Barra de desenho*
- *Editor de regras*
- *Editor de Atores/Cenários*
- *Área de Modelagem à esquerda*
- *Apagador*
- *Direções*
- *Análises Gráficas*

2.6.3. Janela

Como o ModeLab^2 permite a criação/edição/análise de mais de um modelo ao mesmo tempo, é possível organizar as janelas de cada modelo utilizando estas opções:

- *Cascata*
- *Alinhar verticalmente*
- *Alinhar horizontalmente*
- *Minimizar todas*
- *Próxima*
- *Anterior*
- *Fechar*
- *Fechar todas*

2.6.4. Ajuda

Fornece ao usuário informações sobre o Ambiente de Modelagem ModeLab^2 e sobre a construção de modelos. As informações estão relacionadas tanto ao ambiente quanto à metáfora de objetos e eventos. Através deste item é possível estudar modelos previamente construídos e alguns conceitos envolvidos com as atividades relacionadas a construção de modelos. As opções de ajuda são:

- ***Conteúdo***

Permite acessar todo o conteúdo de Ajuda;

- ***Atualizar***
  Caso seja desenvolvida uma nova versão do ModeLab^2, esta opção atualiza a versão antiga automaticamente através da internet;
- ***Sobre***
  Fornece algumas informações sobre o ModeLab^2.

2.7. Barra de Ferramentas

A barra de ferramentas faz o acesso rápido às principais funções do ModeLab^2, tais como, criar novo modelo e salvar modelo, entre outras. As funções desta barra são mostradas na Figura 32.

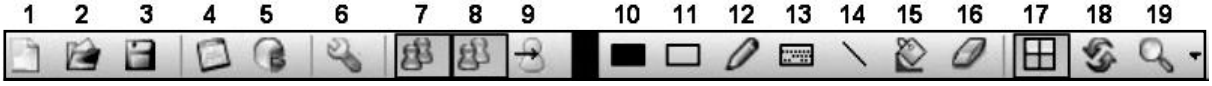


Figura 32: *Barra com as principais funções do ModeLab²*

Onde:

1. **Novo Modelo**
   Cria um novo arquivo, no qual o modelo pode ser construído;
2. **Abrir Modelo**
   Abre um arquivo que contém um modelo criado anteriormente;
3. **Salvar Modelo**
   Salva um arquivo com o modelo criado;
4. **Propriedades do Modelo**
   Mostra a janela na qual é possível editar as propriedades do modelo;
5. **Mostra o Gráfico**
   Mostra o Gráfico de Análise da simulação;
6. **Configurações do ModeLab^2**
   Mostra a janela de configurações do ambiente;
7. **Mostra/Esconde os Atores da Grade de Visualização**
   Este botão mostra ou esconde os *Atores* desenhados na *Grade de Simulação*. Quando escondidos, a visualização do comportamento dos *Cenários* pode se tornar mais clara;
8. **Mostra/Esconde os Cenários da Grade de Visualização**
   Este botão mostra ou esconde os *Cenários* desenhados na *Grade de Simulação*. Quando escondidos, a visualização do comportamento dos *Atores* pode se tornar mais clara;
9. **Mostra as direções dos objetos**
   Pressionando este botão, os *Atores* e os *Cenários* são escondidos e então são mostradas as suas respectivas direções. As direções de cada tipo de objeto são mostradas alternadamente. Para visualizar as direções de *Atores*, clica-se no botão 7. Já as direções dos *Cenários* são mostradas clicando-se no botão 8;
10. **Desenha um quadrado preenchido**
    Desenha um quadrado preenchido na *Grade de Simulação*. O preenchimento é feito com o objeto selecionado no *Editor de Objetos*;
11. **Desenha um quadrado não preenchido**
    Desenha um quadrado não preenchido na *Grade de Simulação*. O desenho é feito com o objeto selecionado no *Editor de Objetos*;
12. **Desenha em uma célula por vez**
    Desenha os objetos em uma célula de cada vez;
13. **Desenha objetos aleatoriamente**
    Desenha um quadrado preenchido aleatoriamente. Ao clicar neste botão surge uma barra na qual a quantidade de objetos a ser preencha pode ser especificada;
14. **Desenha linha**
    Desenha uma linha com os objetos selecionados;
15. **Balde**
    Este botão preenche de uma só vez uma região. Por exemplo, pode-se criar um quadrado não preenchido de um certo tipo de objeto e depois preenchê-lo com outro tipo de objeto;
16. **Borracha**
    Apaga os objetos desenhados na *Grade de Simulação*
17. **Mostra/Esconde linhas de grade**
    Este botão possibilita esconder as linhas de grade da *Grade de Simulação*, possibilitando uma melhor visualização de alguns modelos;
18. **Atualiza a Grade**
    Faz uma atualização dos objetos desenhados na *Grade de Simulação*. Este botão é necessário quando

ocorre algum problema de desenho devido a problemas de atualização gráfica do Windows;

19. **Zoom**
Permite aumentar ou diminuir o tamanho de cada célula da *Grade de Simulação*. Possui a opção *Melhor Ajuste*, que tenta ajustar toda a grade à região visível da *Área de Visualização*.

3. Exemplos de Criação de Modelo

Aqui temos mais um exemplo que visa explicar passo a passo os procedimentos necessários para a criação de modelos no ModeLab^2. Onde novamente vale lembrar o quanto é importante criar um modelo primeiramente no papel para refletir sobre sua estrutura e a sua possibilidade de representá-lo na forma de objetos e eventos.

3.1. Evaporação de água na superfície de um lago

Este modelo permite visualizar o vapor de água surgindo na superfície de um lago e subindo até as nuvens, onde "desaparecem". Assim, são modeladas a evaporação da água e a aglomeração do vapor de água pelas nuvens.

Ele possui regras diferentes do anterior, tais como, a regra de desaparecer objeto e regra que utiliza a seleção de vizinhos para a determinação de para qual lado a regra será executada.

Dessa forma, o modelo de evaporação de água na superfície de um lago possui as seguintes características:

- **Sistema**
  Um lago no qual de sua superfície a água evapora;
- **Descrição**
  O vapor de água surge na superfície do lago e sobe até as nuvens, onde desaparecem;
- **Atores**
  Vapor de água, água do lago;
- **Cenários**
  Nuvem;
- **Eventos**
  1. Água na superfície do lago evapora;
  2. Vapor de água sobe;
  3. Vapor de água desaparece nas nuvens;
- **Regras**
  1. **se** Água do lago ao lado de local vazio, **então** surge um Vapor de água no local vazio;
  2. **se** Vapor de água abaixo de local vazio, **então** Vapor de água se move para cima;
  3. **se** Vapor de água entra na nuvem, **então** Vapor de água desaparece;
- **Regras no contexto do ModeLab^2**

Passo1	Passo2	Passo3
I. ***Água do lago*** ao lado de ***sem ator***	Muda ***sem ator***	***sem ator*** se torna ***Vapor d'água***
II. ***Vapor d'água*** ao lado de ***sem ator***	Muda posição de ***Vapor d'água***	***Vapor d'água*** se move para cima
II. ***Vapor d'água*** sobre ***Nuvem***	Muda ***Vapor d'água***	***Vapor d'água*** se torna ***sem ator***

Tabela 2: *Regras do modelo de evaporação na superfície de um lago*

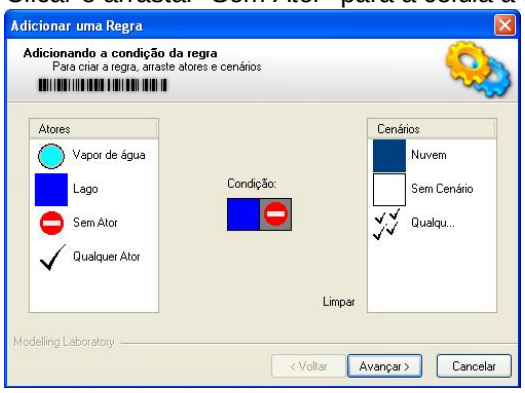
Feche todos os modelos que existam no ModeLab^2 e crie um novo arquivo. Antes de tudo salve o arquivo e dê um nome que lembre o modelo. Agora insira os objetos no modelo, lembrando do processo anterior. Caso não existam imagens que representem os objetos a serem selecionados, é possível desenhá-las através da ferramenta de desenho indicada na Figura 8.

Após a criação dos objetos, passa-se à criação das regras. Assim, as regras para este modelo são descritas na seqüência abaixo.

I. Água na superfície do lago evapora

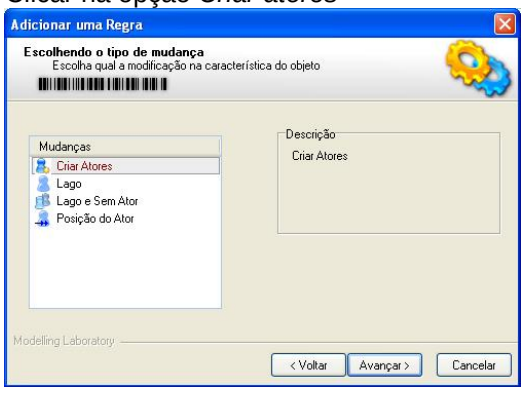
Passo 1: *Água do lago ao lado de local vazio*

Clicar e arrastar "*Sem Ator*" para a célula à direita na condição inicial



Passo 2: *Muda local vazio*

Clicar na opção *Criar atores*



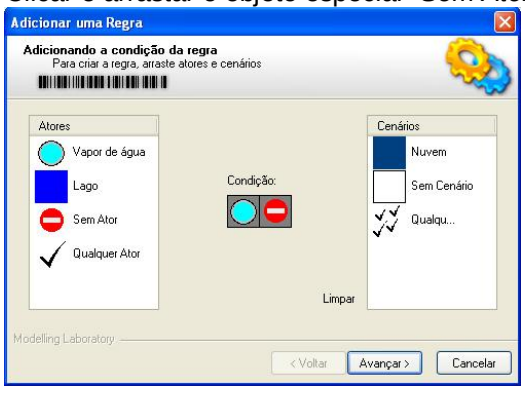
Passo 3: ***Sem ator*** se torna ***Vapor d'água***

Clicar em *Criar novo* e arrastar o ator "*Vapor de água*" para a célula ao lado de "*Água do lago*"

II. Vapor de água sobe

Passo 1: *Vapor de água ao lado de sem ator*

Clicar e arrastar o objeto especial "*Sem Ator*" para a célula à direita na condição inicial



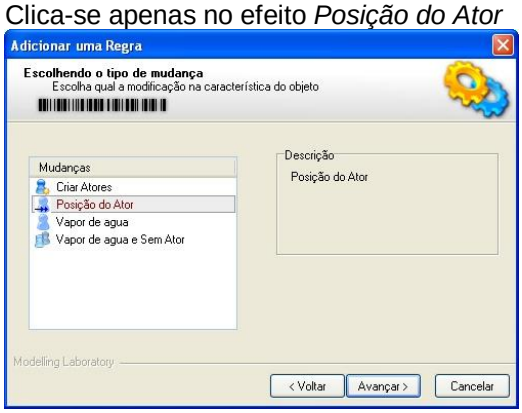
Seleção de vizinhos

Clicar nos vizinhos que a regra não deve acessar

Adicionar uma Regra
Selecionando vizinhos
Marque os vizinhos a serem testados
Vizinhos
A seleção dos vizinhos a serem sorteados possibilita a criação de efeitos mais aleatórios.
Modelling Laboratory
< Voltar
Avançar >
Cancelar

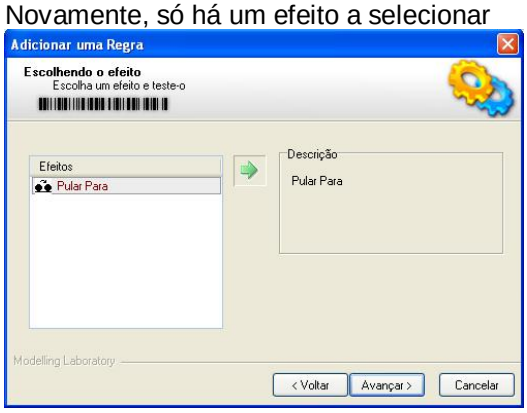
Passo 2: *Muda posição de Vapor de água*

Clica-se apenas no efeito *Posição do Ator*



Passo 3: *Vapor de água se move para cima*

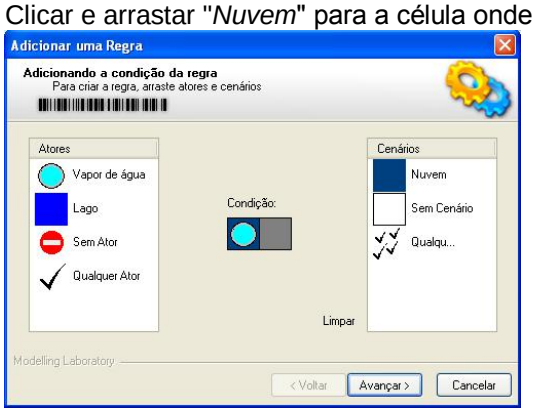
Novamente, só há um efeito a selecionar



III.Vapor de água desaparece nas nuvens

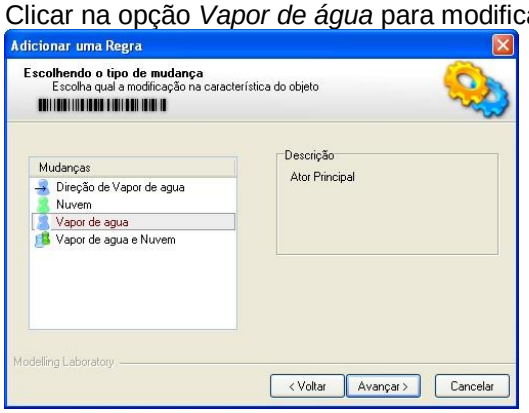
Passo 1: *Vapor de água sobre Nuvem*

Clicar e arrastar "*Nuvem*" para a célula onde está "*Vapor de água*"



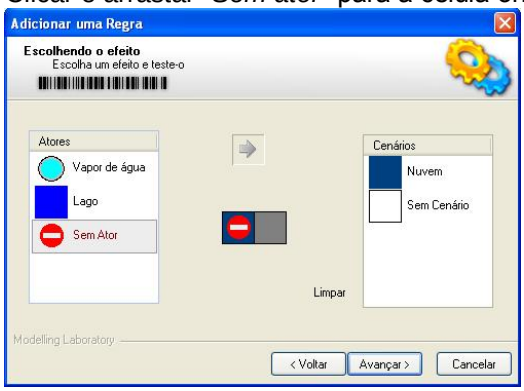
Passo 2: *Muda Vapor de água*

Clicar na opção *Vapor de água* para modificá-lo



Passo 3: *Vapor de água se torna sem ator*

Clicar e arrastar "*Sem ator*" para a célula onde está "*Vapor de água*"



Mais uma vez, foram criadas 3 regras: uma de movimento, uma de criação e uma de modificação. Após a criação dessas regras, faça um desenho na grade como o mostrado na Figura 32.

Ao simular o modelo pode-se observar como as partículas de vapor de água se comportam, desde a superfície do lago até as nuvens. A Figura 33 mostra o resultado da simulação depois de determinado tempo.

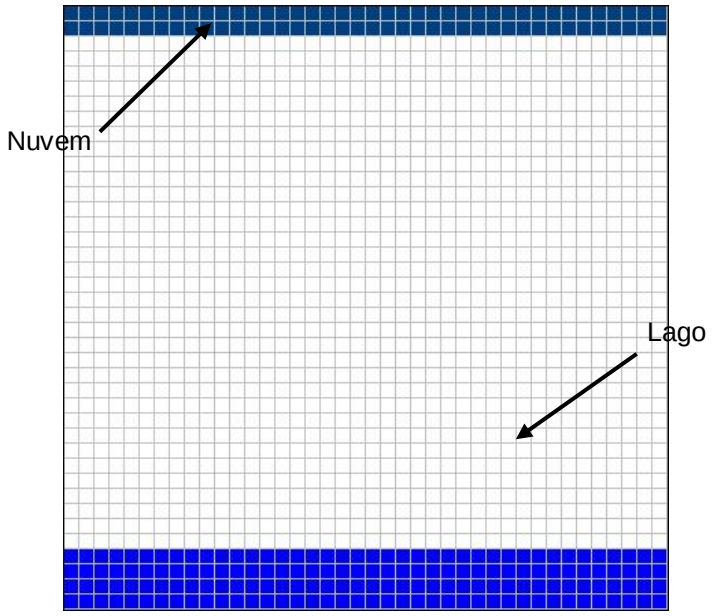


Figura 32: *Estado inicial do modelo do Gás Confinado em um Recipiente*

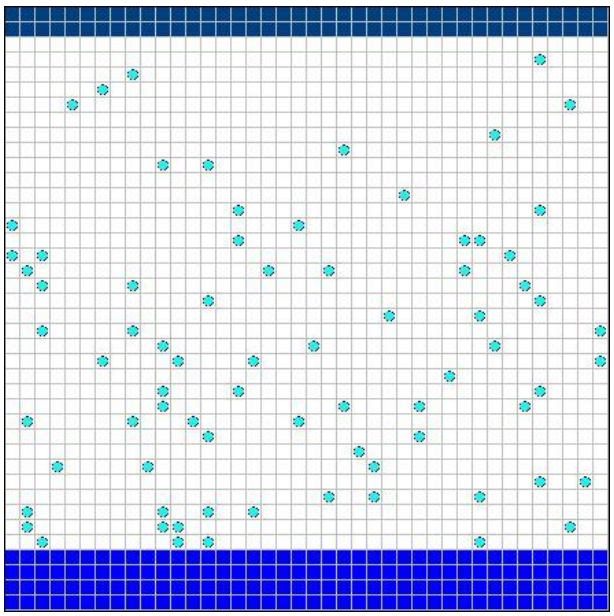


Figura 33: *Estado inicial do modelo do Gás Confinado em um Recipiente*

Como exemplo da utilização das ferramentas de análise de modelos do ModeLab^2, a exportação da estrutura do modelo pode ser feita indo ao menu ***Arquivo>Exortar>Regras>Estrutura do modelo***. Para estrutura do modelo de evaporação na superfície de um lago é mostrado na Tabela 3.

Tema	Nome do Mundo	Estrutura do Modelo				
		Objeto		Regras		
		Nome dos Objetos	Obj/Regra	Passo1	Passo2	Passo3
Água	Evaporação	**1. Vapor de água**	**1/Sumir**	(Ator+Cen)	Ator Principal	Mudar Ator Principal
		2. Água do lago	**1/Subir**	(Ator)-(s/Ator)	Posição do Ator	Pular Para
		3. Nuvem	**2/Evaporar**	(Ator)-(s/Ator)	Criar Atores	Cria Novo

Tabela 3: *Estrutura do modelo de evaporação na superfície de um lago*

Estas informações mostram com é a estrutura do modelo, objetos e regras. A coluna "*Nome Objetos*" mostra os objetos do modelo, onde aqueles em negrito são *Atores*. Na coluna "*Obj/Regra*" é mostrado a relação entre o objeto e a regra relacionada a ele. Assim, essa forma de analisar o modelo permite estudar como ele foi criado sem a necessidade de abri-lo no ModeLab^2.

4. Referências

GOMES, T & FERRACIOLI, L (2006) A investigação da construção de modelos no estudo de um tópico de Física utilizando um ambiente de modelagem computacional qualitativo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 28, n. 4, p. 453-461.

GOMES, T., FERRACIOLI, L. & SILVA, R.M.A. (2006) A model of velocity distribution of a river based on a Qualitative Computer Modelling Environment. *In Proceedings from Applied and Modelling Simulation 2006*, Búzios-RJ, Brasil.

OGBORN, J. (1999) Modeling Clay for Thinking and Learning, In W. Feurzeig e N. Roberts (Eds.) *Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education*, Springer-Verlag, New York.

SILVA, R.M.A., GOMES, T. & FERRACIOLI, L. (2006) ModeLab^2: Um Ambiente de Modelagem Qualitativa e Criação de Jogos. *Em: Anais do V Simpósio Brasileiro de Jogos Computacionais e Entretenimento Digital*, Recife, PE.

ModeLab

Laboratório de Tecnologias Interativas Aplicadas à Modelagem Cognitiva

www.modelab.org

Financiamento:

CNPq

Apoio:

CAPES

FACITEC

Anexo B:
Roteiro de Atividades sobre o Tema Corrente Elétrica

Nome: _____**Série**_____

Visualizando e Calculando a Corrente Elétrica a Partir de Um Experimento Virtual no Computador

1 – Introdução

Nessa atividade será realizado a visualização e o estudo do conceito científico de ***Corrente Elétrica***. A analise será feita a partir de um experimento virtual na tela do computador, que será projetada no quadro branco pelo data-show. Assim, vamos usar o computador para entender o que é uma corrente elétrica, bem como calcular o seu valor em uma determinada situação específica quando esta estiver percorrendo um condutor elétrico metálico. Assim, o objetivo dessa atividade é usar a visualização de uma representação de corrente elétrica tanto para entender esse conceito, como para analisar e calcular o seu valor em uma determinada situação.

2 – Apresentação do Modelo Computacional

A corrente elétrica será simulada no Ambiente de Modelagem Computacional Modelab^{2D}, a projeção que você observará no quadro branco é um modelo computacional que irá simular a passagem de uma corrente elétrica por um fio condutor. As *Figuras 01* e *02* mostram a situação inicial (sem ***Corrente Elétrica***) e final (com ***Corrente Elétrica***) do modelo.

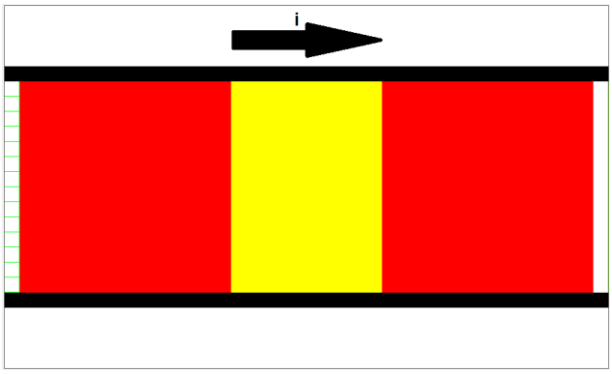


Figura 01: *Modelo de Condutor Elétrico: Sem Passagem da Corrente.*

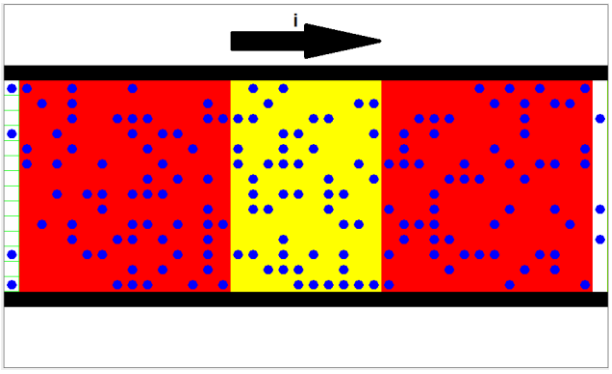


Figura 02: *Modelo de Condutor Elétrico: Com Passagem da Corrente.*

Nesse modelo, o fio metálico é representado pelas cores ***Vermelha*** e ***Amarela*** (*Amperímetro – mede o número de portadores de carga, elétrons que passam pelo fio por unidade de tempo*); a linha ***Preta*** representa a capa isolante do fio metálico e as bolinhas ***Azuis*** representam os portadores de cargas elétricas, nesse caso os ***Elétrons***.

Para medir a corrente elétrica (**i**) em um fio metálico, deve-se medir a quantidade de cargas elétricas (**ΔQ**) que passam por uma seção transversal do fio, parte amarela do modelo, e dividir pelo tempo (**Δt**) que tais cargas *"demoraram"* para passar por essa seção. Assim temos que:

$$i = \Delta Q/\Delta t$$

3 – Problematização

A partir do estudo desse modelo em condições diferentes, ou seja, alterando-se alguns dos fatores que influenciam tal fenômeno, você seria capaz de entender e calcular a corrente elétrica em um fio condutor?

- Em quais condições temos uma corrente elétrica?
- Como calcular a corrente elétrica em um fio condutor?

4 – Explorando o Modelo

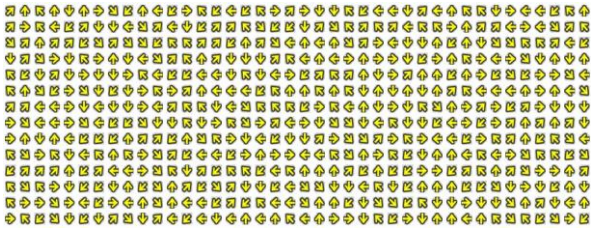
A partir das simulações feitas pelo professor com o modelo faça as atividades das próximas páginas com as informações que se pedem.

1 – A partir das *duas primeiras* simulações responda no quadro abaixo: Existem cargas elétricas no interior do fio metálico? Porque essas cargas não formam uma corrente elétrica?

Sim, existem cargas no interior do condutor metálico. Elas não formam uma corrente elétrica, pois, seus movimentos são completamente aleatórios/desordenados.

2 – Novamente, a partir das *duas primeiras* simulações responda: Existe campo elétrico no interior do fio metálico? Porque esse campo não faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado? Por fim, represente esse campo no quadro abaixo.

Sim, existe campo elétrico no interior do fio metálico, porém, em cada ponto do espaço esse campo possui direções e sentidos diferentes. Como em cada ponto do condutor metálico o campo tem direção e sentido distintos, ele não faz com que as cargas se desloquem na mesma direção e sim, de forma desordenada/aleatória.



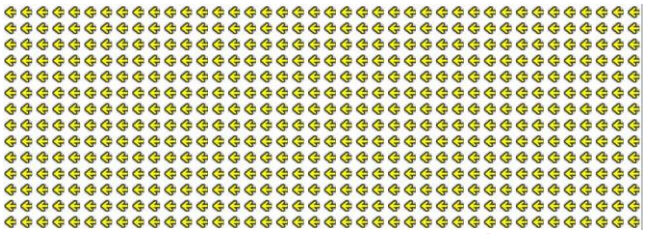
Representação do Campo Elétrico

3 – Agora, a partir da *terceira* e *quarta* simulação, responda: Existem cargas elétricas no interior do fio metálico? Porque essas cargas agora conseguem formar uma corrente elétrica?

Sim, existem cargas no interior do condutor metálico. Elas formam uma corrente elétrica, pois apesar das vibrações térmicas, todas elas se movimentam da esquerda para a direita, ou seja, um movimento ordenado.

4 – Novamente, a partir da *terceira* e *quarta* simulações responda: Existe campo elétrico no interior do fio metálico? Porque esse campo agora faz com que as cargas se desloquem sempre para o mesmo lado? Por fim, represente esse campo no quadro abaixo.

Sim, existe campo elétrico no interior do fio metálico, Agora, em cada ponto do espaço esse campo possui direções e sentidos iguais. Como em cada ponto do condutor metálico o campo tem a mesma direção e sentido, ele faz com que as cargas se desloquem sempre na mesma direção nesse caso, da esquerda para a direita (no sentido contrário ao campo).



Representação do Campo Elétrico

5 – Agora, vamos calcular o valor da corrente elétrica média que passou pelo fio metálico na última simulação, usando para isso: a tabela abaixo, a equação (1) da primeira página desse roteiro e lembrando que ***1 e*** $^{-}$ (elétron) = ***1,6 x 10*** $^{-19}$ ***C***.

TABELA 01: Número Médio de Elétrons em 10 (dez) segundos de Simulação.

Tabela Para o Cálculo da Corrente Média no Fio Metálico	
Tempo (s)	*Número de Elétrons*
0	42
1	43
2	42
3	44
4	42
5	41
6	42
7	44
8	40
9	40

A partir dos dados preenchidos na tabela acima calcule: em primeiro lugar, o número médio de elétrons que passaram pela secção transversal do fio metálico (parte ***Amarela*** do fio) nos 10 (dez) segundos anotados; em seguida, calcule a quantidade de carga elétrica contida nesse número médio de elétrons e por fim, use a equação (1) e obtenha a corrente média que passou pelo fio.

1°) N° Médio de Elétrons = $\frac{42+ 43 + 42 + 44 + 42 + 43 + 42 + 44 + 40 + 41}{10}$ = 420/10 = 42 e^-

2°) 1 e^- ---------- 1,6 x 10^{-19}C
42 e^- ---------- **X** C

X = 42 x 1,6 x 10^{-19}
X = 67,2 x 10^{-19} C

3°) $i_{Médio} = \Delta Q/\Delta t$
$i_{Médio}$ = 67,2 x 10^{-19}/10
$i_{Médio}$ = 6,72 x 10^{-19} A

"Diante da imensidão do espaço e da vastidão do tempo, sinto-me imensamente feliz em dividir um planeta em uma época com vocês"
Carl Sagan – Físico Norte Americano

Anexo C:
Avaliação Trimestral sobre o Tema Corrente Elétrica

1) Imagine dois fios metálicos, um que está ligado aos terminais de uma bateria e o outro não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, a partir dessas informações responda o que se pede:

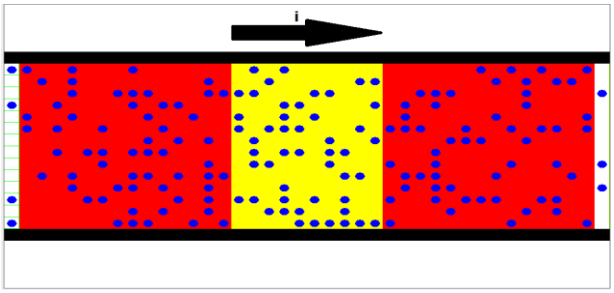
   a) Qual é a diferença em relação ao **Movimento dos Elétrons** no fio ligado a bateria, quando comparado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?

   No fio que está ligado a bateria, o movimento dos elétrons é ordenado, ou seja, forma-se uma corrente elétrica. Por outro lado, no fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico o movimento é aleatório/desordenado não formando corrente elétrica.

   b) Qual é a diferença em relação a **Configuração do Campo Elétrico** no fio ligado a bateria, quando comparado ao fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico?

   No fio que está ligado a bateria, a configuração do campo elétrico está sempre para a mesma direção e sentido. Por outro lado, no fio que não está ligado a nenhum dispositivo elétrico, a configuração do campo elétrico é aleatória/desordenada apontando, em cada ponto do espaço, para direções e sentidos distintos.

2) Observe a figura abaixo:



Essa figura representa um fio metálico por onde passa uma corrente elétrica. Sabendo que a carga de um elétron é q = 1,6 x 10^{-19} C e que nos 10 (dez) primeiros segundos de corrente passaram uma quantidade de elétrons indicada na tabela abaixo: calcule a corrente elétrica média que passou nesse fio.

Cálculos

$$\frac{44 + 43 + 41 + 42 + 44 + 44 + 43 + 45 + 46 + 48}{10} = 44$$

1 e^- ------- 1,6 x 10^{-19}C
44 e- ----- **X** C

X = 70,4 x 10^{-19} C

i = 70,4 x 10^{-19}/10 = **7,04 x 10^{-19} A**

Tabela	
Tempo(s)	**N° e^-**
1	44
2	43
3	41
4	42
5	44
6	44
7	43
8	45
9	46
10	48

Anexo D:
Roteiro de Atividades sobre o Tema Movimento dos Corpos

Nome: _____Série_____

Movimento dos Corpos: Explorando o Conceito de Velocidade Média e Estudando Algumas Situações Cotidianas

1 – Introdução

Nessa atividade será realizado um estudo sobre o ***movimento retilíneo dos corpos***, vamos usar o computador para estudar a ***velocidade média*** de três automóveis: uma ***moto***, um ***carro*** e um ***trem***. O objetivo dessa atividade é entender esse conceito e propor soluções para alguns problemas práticos do nosso dia-a-dia.

2 – Apresentação do Modelo Computacional

Na tela do seu computador ***click duas vezes*** neste ícone: . Nesse momento será aberto um programa, como mostrado na *Figura_01*. Esse programa nos permitirá estudar virtualmente o movimento dos automóveis na tela do computador.

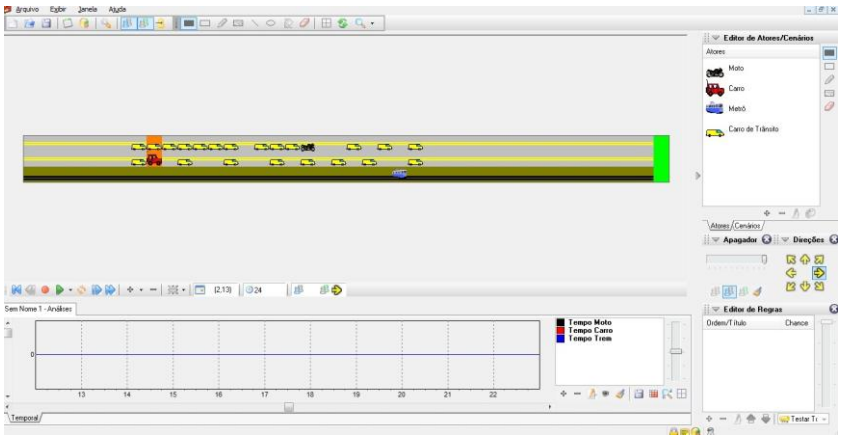


Figura_01*: Layout da ferramenta Modelab2D*

Nesse programa, chamado Modelab^{2D}, é possível observar os três automóveis, mostrados na *Figura_02*, que precisam se deslocar em um trajeto urbano no menor intervalo de tempo possível, e assim, chegar a um destino em comum. O carro e a moto vão enfrentar trânsito, por outro lado, o trem não enfrenta nenhum tipo de trânsito no seu caminho. O deslocamento total que eles farão é de 1200 metros de comprimento.

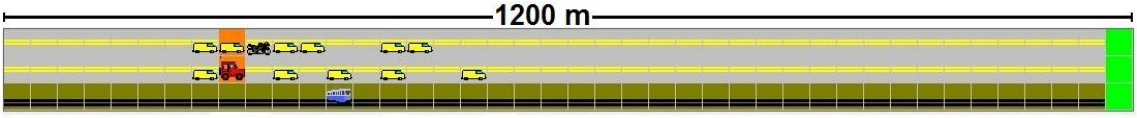


Figura_02: *Pista com Três Faixas*

3 – Problematização

Um dos grandes problemas das capitais brasileiras é o transporte urbano. Por exemplo, na grande Vitória é comum enfrentarmos trânsitos intensos e até mesmo engarrafamentos em alguns trechos como na Avenida Fernando Ferrari e na Terceira Ponte. Dessa forma, em nosso dia-a-dia, precisamos nos preocupar com questões práticas, tais como:

1. Qual dos meios de transporte, apresentados nessa atividade, se mostrará mais eficiente para atravessar um trecho urbano em um intervalo de tempo menor?
2. Ter um carro ou uma moto potente garante um deslocamento rápido?

Assim o problema do transporte é acima de tudo social. Porém, para enfrentarmos diariamente esses problemas é necessário entendermos conceitos da Física tais como: ***deslocamento***, ***velocidade instantânea*** e ***velocidade média***. Nessa atividade vamos explorar o modelo apresentado no computador para entender esses conceitos e assim, propormos soluções eficazes para as questões acima.

4 – Explorando o Modelo

Com base na leitura do texto da página anterior e nas simulações que serão feitas na tela do seu computador, siga as instruções abaixo fazendo as atividades de cada um dos passos de exploração do modelo.

1º Passo: Defina o **Tema** a ser estudado marcando apenas uma opção abaixo:

( ) Movimento Acelerado;
( ) Movimento Retardado;
(x) Movimento Retilíneo dos Corpos;
( ) Movimento Retilíneo Uniformemente Variado;
( ) Movimento Browniano.

2º Passo: Defina o ***Conceito*** a ser estudado marcando apenas uma opção abaixo:

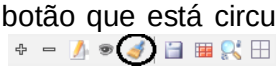
( ) Aceleração;
(x) Velocidade Média;
( ) Tempo;
( ) Distância;
( ) Deslocamento.

3º Passo: ***Simulações:***

a) Na tela do seu computador, no canto inferior esquerdo, click no botão que está circulado nessa figura: , quando os três automóveis chegarem ao destino (***em verde***) click no botão circulado na figura: e em seguida, no canto inferior direito da tela do computador, click no botão circulado nessa figura: . Nesse momento você terá feito à primeira simulação do modelo de ***velocidade média***.

b) Agora vamos começar a preencher a tabela abaixo com os tempos gastos por cada um dos automóveis no ***deslocamento*** que eles realizaram na primeira simulação. Para isso, observe o gráfico que aparece no canto inferior da tela do seu computador: a linha azul indica o tempo do trem, a preta da moto e a vermelha do carro, anote-os na primeira linha da tabela abaixo.

Simulação	Deslocamento (metros)	Tempo (s) (Trem)	Tempo (s) (Moto)	Tempo (s) (Carro)
1	1200	39	48	59
2	1200	39	42	51
3	1200	39	44	48
4	1200	39	44	55
5	1200	39	58	80

Para fazer a outra simulação é preciso clicar no botão que está circulado na figura: . Em seguida clique nesse botão:  , na janela que aparecer na tela do seu computador clique em ***SIM***. Agora repita o procedimento do item (a) e anote no final os tempos de cada automóvel na tabela acima. Faça todos esses processos até preencher toda a tabela acima.

c) Agora vamos calcular o ***Tempo Médio*** de cada um dos três automóveis:

$$T_{\text{Médio do Trem}} = \frac{39 + 39 + 39 + 39 + 39}{5} = \frac{195}{5} = \boxed{39}$$

$$T_{\text{Médio da Moto}} = \frac{48 + 42 + 44 + 44 + 58}{5} = \frac{236}{5} = \boxed{47,2}$$

$$T_{\text{Médio do Carro}} = \frac{59 + 51 + 48 + 55 + 80}{5} = \frac{293}{5} = \boxed{58,6}$$

d) Por fim, vamos calcular as velocidades médias de cada um dos três automóveis dessa simulação. Sabendo-se que a ***Velocidade Média*** de um móvel é a divisão do seu ***Deslocamento*** pelo ***Tempo*** que ele gastou para fazer tal deslocamento.

$$V_{\text{Média do Trem}} = \frac{1200}{39} = \boxed{36,76 \text{ m/s}} \times 3,6 = \boxed{110,76 \text{ Km/h}}$$

$$V_{\text{Média da Moto}} = \frac{1200}{47,2} = \boxed{25,42 \text{ m/s}} \times 3,6 = \boxed{91,52 \text{ Km/h}}$$

$$V_{\text{Média do Carro}} = \frac{1200}{58,6} = \boxed{20,47 \text{ m/s}} \times 3,6 = \boxed{73,72 \text{ Km/h}}$$

4º Passo: ***Analise dos Resultados das Simulações:***

a) Com base nas simulações responda as questões apresentadas na problematização dessa atividade e que são repetidas abaixo:

1) Qual dos três meios de transporte, apresentados nessa atividade, se mostrou melhor para atravessar um trecho urbano em um intervalo de tempo menor?

Nessa atividade, o Trem se mostrou mais eficiente para atravessar o trecho urbano.

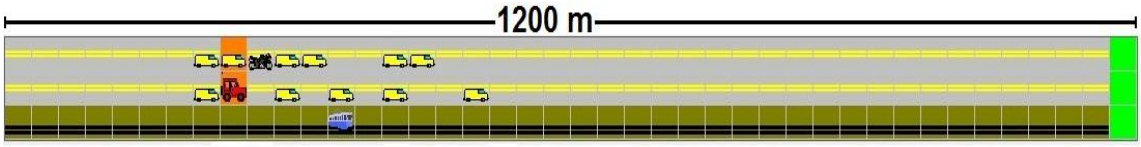
2) Ter um carro ou uma moto potente garante um deslocamento rápido? Justifique sua resposta com base nessas simulações.

Não garante, pois, esses automóveis enfrentam trânsito quase sempre.

"Aprenda como se você fosse viver para sempre. Viva como se você fosse morrer amanhã."
Mahatma Gandhi

Anexo E:
Avaliação Trimestral sobre o Tema Movimento dos Corpos

1) Observando a figura abaixo, que representa um trecho urbano de 1200 metros percorrido 5 vezes por três móveis, a saber: uma **Moto**, um **Carro** e um **Trem** e também a ***Tabela*** que segue logo após a figura, que marca os tempos que cada um dos móveis gastou nos *5* cinco deslocamentos realizados, faça o que se pede.



Simulação	Deslocamento (metros)	Tempo (s) (Trem)	Tempo (s) (Moto)	Tempo (s) (Carro)
1	**1200**	37	42	58
2	**1200**	37	49	60
3	**1200**	38	43	61
4	**1200**	35	41	57
5	**1200**	37	44	58

a) Calcule o tempo médio de cada um dos três móveis gastou para percorrer os 1200 m.

$$T\ Médio\ do\ Trem = \frac{37 + 37 + 38 + 35 + 37}{5} = \frac{184}{5} = 36{,}8\ s$$

$$T\ Médio\ do\ Moto = \frac{42 + 49 + 43 + 41 + 44}{5} = \frac{219}{5} = 43{,}8\ s$$

$$T\ Médio\ do\ Carro = \frac{58 + 60 + 61 + 57 + 58}{5} = \frac{294}{5} = 58{,}8\ s$$

b) Calcule agora, a velocidade média dos três móveis.

$$V\ do\ Trem = \frac{1200}{36{,}8} = 32{,}60\ m/s$$

$$V\ da\ Moto = \frac{1200}{43{,}8} = 27{,}39\ m/s$$

$$V\ do\ Carro = \frac{1200}{58{,}8} = 20{,}40\ m/s$$

Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Anexo F:

Artigo Submetido e Aceito pela Revista Ensaio em Dezembro de 2014

Análise dos Desempenhos em uma Atividade com Modelagem Computacional Exploratória e em uma Avaliação Tradicional contendo itens da Atividade de Modelagem: Um Estudo com Alunos de Ensino Médio sobre Movimento dos Corpos

Analysis of Performance in a Computational Modeling Exploratory activity and a Traditional Rating containing items Modeling Activity: a Study with High School Students on the Move Bodies

Rafael Rodrigues de Oliveira[1], Laércio Ferracioli[2]

[1] EEEFM Antônio José Peixoto Miguel-SEDU/PPGE-UFES, rafaelfisica2000@yahoo.com.br
[2] Universidade Federal do Espírito Santo/PPGE/PPGEnFis-UFES, laércio.ufes@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta uma investigação do desempenho que 114 estudantes que cursavam, em 2011, o 1° Ano do Ensino Médio obtiveram em atividades com relações matemáticas de *Média Simples* e *Velocidade Média* no estudo do movimento retilíneo dos corpos, em um processo que envolveu dois momentos distintos e subsequentes. O primeiro momento foi caracterizado pela aplicação de atividades de modelagem computacional exploratória. Aproximadamente 4,5 dias depois da atividade inicial os estudantes receberam a aplicação de uma atividade tradicional: avaliação trimestral, contendo itens da atividade de modelagem. Nessa perspectiva, os resultados relatados nesse trabalho mostram que o desempenho diminuiu para 51 estudantes (≈ 44,7%), foi mantido constante para 40 (≈ 35,1 %) e aumentou para 23 (≈ 20,2%). Assim, tais resultados podem indicar que o uso da modelagem computacional exploratória, em atividades que desenvolvem estudos com relações algébricas e quantidades numéricas, pode ser uma possibilidade a ser incorporada no dia a dia da sala de aula e não apenas em estudos pontuais e exploratórios feitos de maneira esparsa.

Palavras-chave: Velocidade Média, Modelagem Computacional e Desempenho

Abstract

This article presents an investigation of the performance that 114 students who attended in 2011, the 1st High School Year obtained in activities with mathematical relationships *Average Simple* and *Average Speed* in the study of rectilinear motion of bodies in a process that involved two moments distinct and subsequent. The first moment was characterized by the application of exploratory computational modeling activities. Approximately 4,5 days after the initial activity students were applying a traditional activity: quarterly review, containing items of modeling activity. In this perspective, the results reported in this work show that the performance decreased to 51 students (≈ 44,7%), was held constant for 40 (≈ 35,1%) and increased to 23 (≈ 20,2%). Such findings may indicate that the use of exploratory computational modeling in activities that develop studies with algebraic relations and numerical quantities may be a possibility to be incorporated into the daily life of the classroom and not only in individual and exploratory studies sparingly.

Keywords: Average Velocity, Computer Modeling and Performance

I – INTRODUÇÃO

A educação, em seu sentido lato, é um fenômeno tipicamente social e, por ter essa natureza, é possível observar ao longo da história que se tornou um fenômeno de complexidade crescente na medida em que as relações sociais também se tornaram mais complexas na sociedade contemporânea.

Nas primeiras décadas do século XXI, a produção, o armazenamento e, principalmente, a transmissão do conhecimento para as gerações futuras é, sem sombra de dúvidas, mais multíplice do que outrora fora a partilha de conhecimento feita de forma oral de geração para geração em sociedades tribais antigas: nesse cenário todo o saber produzido pelas experiências diárias dos indivíduos não possuía um registro sistemático e a sua preservação era feita quase que exclusivamente na memória individual e coletiva dessas sociedades.

Em nosso atual contexto educacional, o fazer pedagógico possui um panorama que era inimaginável há meio século. A imersão da atual geração de crianças e jovens no oceano de informações provido pela internet e principalmente pelas redes sociais, na maioria das vezes não é transformada por eles em conhecimento; a imensa quantidade de textos, hipertextos e imagens em movimento das mídias digitais, nos faz repensar o papel do livro didático na escola, apesar de saber-se que livro ainda é um dos pilares da nossa atual educação; a educação, com seu caráter permanente, impõe um contínuo desafio em oferta-la; e, por fim, o caráter cada vez mais holístico e interdisciplinar do conhecimento se opõe a sua abordagem ainda especializada e disciplinar.

Dentro desse cenário, é possível observar que a escola possui desafios para os quais não existem respostas prontas e muito menos definitivas. Porém, existe uma certeza: o modelo escolar fundamentado pelas gerações passadas com foco na disciplina, em métodos rígidos de ensino, hierarquizada e onde o professor, auxiliado pelo livro didático, era a principal fonte de conhecimento está cada vez mais "desconectado" do nosso atual contexto educacional.

É preciso buscar caminhos para que a escola possa adequar-se a todos esses desafios que o mundo atual vem nos impondo, ou seja, torna-se necessário estabelecer diretrizes tanto teóricas quanto metodológicas que possam levar a construção de uma

prática docente que se alinhe a essa nova realidade conjuntural promovendo uma educação capaz de preparar nossos jovens e adultos para o mundo na atualidade.

Nesse caminho, uma perspectiva de trabalho promissora é a inserção, no cotidiano escolar, de Tecnologias de Informação e Comunicação - TIC`s. Tais tecnologias, nas últimas décadas, modificaram intensamente as relações interpessoais, sociais, comerciais e de trabalho. Na escola não é diferente, uma vez que as TIC`s se mostram cada vez mais inseridas no cotidiano escolar, seja através de iniciativas institucionais das salas de informática com/sem inter/intranet ou a partir de iniciativas individuais com notebooks, smartphones com internet móvel ou tablets, tecnologias estas, que estão cada vez mais incorporadas no cotidiano dos estudantes. (FERRACIOLI ET AL, 2012)

Dentro desse panorama escolar, este artigo relata um estudo ocorrido em novembro de 2011 que explorou o uso das TIC`s no cotidiano escolar. A proposta consistiu de uma atividade sobre movimento retilíneo utilizando computadores da sala de informática a partir dos conceitos de *Modelos*, *Modelagem*, *Modelagem Computacional* & *Softwares de Modelagem Computacional*. A perspectiva de trabalho foi o de estruturar e investigar diferentes fazeres pedagógicos associando conteúdos específicos com os conceitos acima em uma perspectiva de *ciência como investigação* (Ferracioli *et al.*, 2012) e, dessa forma, observar e relatar possibilidades e limitações dessas atividades no cotidiano da escola.

Model@b
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

II – REFERENCIAL TEÓRICO

A educação básica parece constituir um desafio na atual conjuntura educacional brasileira. Nesse sentido, pode-se citar, por exemplo, os resultados obtidos pelos nossos estudantes sobre seus conhecimentos em leitura, ciências e matemática ao térmico do ensino fundamental e início do ensino médio relatado pelo PISA[1], que mostra que, *em um ranking de 65 países somos o 53º colocado em Leitura e Ciências e 57º em Matemática* (GOMIDE, 2010).

[1] A rigor, o PISA - *Programme for International Student Assessment* ou *Programa Internacional para a Avaliação de Alunos* é uma iniciativa internacional de avaliação comparada, aplicada atualmente em 65 países, que seleciona estudantes entre 15 anos e três meses e 16 anos e dois meses de idade para serem avaliados em três áreas do conhecimento – Leitura, Matemática e Ciências.

Esse fato no atual cenário educacional brasileiro não causa espanto, pois, o que se observa empiricamente na maioria das escolas de ensino básico, com raras exceções, é um ensino pautado quase que exclusivamente no uso dos livros didáticos e dos pincéis para quadro branco, contrapondo a premente demanda de integração de laboratórios de ciências e metodologias inovadoras de ensino e aprendizagem, ainda, pouco encontrada no cotidiano escolar.

É claro que o livro didático ainda se constitui como base para o ensino em qualquer sistema educacional, porém, não se pode desprezar o fato de que, na atualidade, os jovens vivem em uma cultura onde imagens aliadas aos recursos audiovisuais e tecnológicos têm grande apelo visual. Segundo Aranha (2003):

> *A universalização da imagem não se restringe ao mundo do lazer e do entretenimento, mas dá origem a outra forma de pensar, distante do saber tradicional, em que as informações derivam mais da transmissão oral ou da escrita.* (ARANHA, 2003, p. 235)

Contudo, na dimensão educacional, não é desejável que essa perspectiva seja um fim em si mesma. Ou seja, o seu uso deve ocorrer paralelamente à transmissão oral e escrita no contexto da escola, pois, de outra forma, pode-se incorrer no risco de adornar a informação sem necessariamente promover a transformação do conhecimento, no processo ensino-aprendizagem, estabelecido a partir do fazer dos próprios estudantes.

Assim, a integração de atividades escolares com o computador pode se tornar, paulatinamente, uma opção natural para o cotidiano escolar, uma vez que, além de suportar várias mídias audiovisuais, a sua utilização pode ser, de acordo com a estratégia adotada pelo professor, associado com o signo oral e escrito.

II.a – MODELOS & MODELAGEM

Para definir-se o que é modelagem será necessário, em primeiro lugar, definir o que é um modelo, embora essa definição não seja simples e dependa do contexto de sua aplicação ou utilização. Assim, no contexto de interesse desse trabalho, *um modelo pode ser definido como a representação de uma ideia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema* (BOULTER & GILBERT, 1998).

Essa definição pode evoluir em direção ao entendimento de modelos tanto como representações concretas, tais como, um objeto, uma maquete, um protótipo ou

um sistema físico, quanto ao entendimento de modelos como representações abstratas, tais como, um pensamento, uma ideia, um evento ou um processo. Assim, a partir desse conceito pode-se definir modelagem como a atividade humana de construir modelos, sejam eles concretos ou abstratos (FERRACIOLI ET AL, 2012).

Os modelos construídos, por sua vez, são os mais variados possíveis, possuindo aplicabilidade nas mais diversas atividades humanas. O processo de modelagem pode abranger desde um simples jogo ou brinquedo lúdico como, pôr exemplo, um quebra-cabeça em que as crianças montam figuras peça por peça, até uma construção abstrata e sofisticada do pensamento humano que se manifesta na sua forma mais precisa através do pensamento científico. Um exemplo dessa construção abstrata é a geometria de Euclides, ou geometria euclidiana, que é baseada em cinco axiomas e alguns objetos matemáticos, tais como, ponto, reta e ângulo.

Apesar de toda a variedade e aplicabilidade dos modelos e do processo de modelagem, pode-se destacar, segundo Ogborn & Miller (1994), pelo menos, três características comuns a todos os modelos, são elas: *1) uma coisa é usada no lugar de outra; 2) simplificação e idealização dos recursos de modelagem e, por fim; 3) tendência de usar os recursos de modelagem para os nossos próprios objetivos.*

A primeira característica apontada pelos autores pode ser entendida a partir de uma melhor analise da frase. Uma coisa, *o modelo*, é usada no lugar de outra, *mundo que nos cerca*. Assim, a modelagem faz o uso de uma gama de objetos, variáveis, relações e eventos, com a finalidade de representar sistemas e/ou processos do mundo ao nosso redor.

A segunda característica é a simplificação e a idealização dos recursos de modelagem. Toda a atividade de modelagem, seja ela lúdica ou não, faz o uso de simplificações e idealizações das características, relações ou componentes dos sistemas que se queiram representar, *essas características mudam ou evoluem com o tempo, mas são sempre ideais* (OGBORN & MILLER, 1994).

Finalmente, toda a atividade de modelagem começa com o interesse de se construir e/ou entender algum fenômeno ou processo da natureza. Esse interesse é sempre o de utilizar os recursos de modelagem para os nossos próprios objetivos sejam eles quais forem. Por fim, essas três características comuns a todos os modelos podem ser resumidas em três palavras; ***representação***, ***simplificação*** e ***benefício***.

II.b – MODELAGEM COMPUTACIONAL & AMBIENTES DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

Assim como a modelagem, a modelagem computacional pode ser aqui entendida como a atividade humana de criar modelos, porém, representada no computador a partir de um software. Dessa forma, a modelagem computacional aplicada à *aprendizagem exploratória* de tópicos específicos em ciência pode ser feita a partir da utilização de *Softwares/Ambientes de Modelagem Computacional*.

Esses ambientes consistem em ferramentas computacionais que proporcionam aos estudantes a construção de modelos a partir de suas próprias concepções sobre um determinado fenômeno estudado ou mesmo a exploração de modelos já construídos por especialistas sobre esse mesmo fenômeno. Assim, *tais ferramentas computacionais estão inseridas em uma proposta educacional para sua infusão em atividades de conteúdo específico: o foco é no conhecimento e não na tecnologia* (FERRACIOLI ET AL, 2012).

ModeL@b
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Nesse contexto, a modelagem computacional é entendida como sendo o elo para a construção de uma perspectiva de trabalho que promova o engajamento do estudante no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que a natureza da modelagem propicia a construção e/ou exploração de mundos artificiais podendo levar o estudante a engajar-se no processo de aprendizagem por iniciativa própria, ou seja, no processo de *aprendizagem exploratória* em física (FERRACIOLI ET AL, 2012).

Uma possível classificação desses ambientes, segundo alguns autores, é formulada levando-se em consideração o raciocínio empregado na construção dos modelos nesses ambientes de modelagem, tal como apresentado no Quadro 01.

Quadro 01: *Classificação e Principais Características dos Ambientes de Modelagem Computacionais*

Classificação	Principais Características
Ambientes de Modelagem ***Quantitativos***	*São ambientes com enfoque no cálculo de valores de variáveis dependentes através de suas relações algébricas (MULINARI, 2006) e, também, denominados de ambientes de modelagem matemática;*
Ambientes de Modelagem ***Semiquantitativos***	*São ambientes com enfoque no entendimento de relações causais entre variáveis do sistema e a análise da tendência do efeito nessas relações – acréscimo e decréscimo – mas não no conhecimento dos valores numéricos das relações algébricas (MARINS, 2009).*
Ambientes de Modelagem ***Qualitativos***	*São ambientes onde os modelos são construídos sem a especificação de variáveis, relações algébricas ou quantidades, mas pela especificação dos seus constituintes básicos e das regras que determinam seus comportamentos* (FEHSENFELD, 2010).

Para a implantação da modelagem computacional no contexto educacional é possível utilizar, segundo Camiletti (2001), duas propostas de atividades a partir dos ambientes de modelagem computacional, conforme apresentado no Quadro 02.

Quadro 02: *Propostas de Trabalho com Modelagem Computacional no Contexto Escolar*

Classificação	Principais Características
Atividade Expressiva	*O estudante é levado a construir seu próprio modelo a partir de suas concepções sobre um fenômeno ou sistema* (CAMILETTI, 2001).
Atividade Exploratória	*O estudante é levado a explorar um modelo previamente construído por um professor ou especialista sobre um determinado fenômeno* (CAMILETTI, 2001).

No presente estudo, foi desenvolvida uma *Atividade Exploratória* a partir da manipulação, feita pelos estudantes, de um modelo construído, pelo professor, no *Ambiente* de *Modelagem Computacional Qualitativo* denominado ModeLab^{2D} acrônimo de *Modelling Labotatory 2D*[2]. O tema desenvolvido nessa atividade foi o *Movimento Retilíneo dos Copos*, mais especificamente, o movimento de três corpos: uma *Moto*, um *Carro* e um *Trem*. O principal objetivo da atividade foi desenvolver com os alunos e de forma quantitativa, as relações matemáticas de *Média Simples* & *Velocidade Média*.

Model@b
Laboratório de Tecnologias Interativas

II.c – O COMPUTADOR ASSOCIADO AOS CONCEITOS DE MODELOS, MODELAGEM & AMBIENTES DE MODELAGEM COMPUTACIONAL: ALGUNS RESULTADOS DA LITERATURA

A partir do que foi exposto nas duas seções anteriores, serão apresentados aqui resultados de trabalhos realizados ao longo dos últimos dez anos na área de modelagem computacional aplicada especificamente ao ensino de Física[3]. Dessa forma, os resultados são organizados em ordem cronológica e buscaram dialogar com os resultados do presente estudo auxiliando assim, as interpretações dos dados produzidos nesta pesquisa.

Magalhães *et al*. (2002) em um estudo sobre *Movimento dos Corpos* auxiliado por uma ferramenta de modelagem computacional denominada SAM observou, a

[2] O Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo denominado ModeLab^{2D} pode ser *baixado* no endereço http://modelab2.modelab.org/ juntamente com o Manual do Usuário que apresenta uma descrição detalhada do mesmo.

[3] Para essa revisão bibliográfica foram consultados volumes dos últimos dez anos dos periódicos Revista Brasileira de Ensino de Física, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência e Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências.

partir de uma avaliação diagnóstica que, em geral, os alunos do ensino médio das escolas públicas envolvidas na pesquisa, não apresentaram pré-requisitos em matemática para o estudo do tópico proposto. Dessa forma, foi necessário que os professores de Física complementassem tal conhecimento em suas aulas. Contudo, os autores destacam que:

> *Com uso do software SAM os alunos se sentem motivados a analisar o mundo real através do programa fazendo dessa forma, que tal tecnologia pode se constituir como uma ferramenta de aquisição de conhecimento para os alunos* (MAGALHÃES *et al*., 2002 p. 101)

Assim, para esses autores, apesar de muitas vezes os alunos não apresentarem os pré-requisitos matemáticos necessários para o estudo de temas específicos em Física, o uso de softwares podem, mesmo assim, gerar em tais educandos motivação para o engajamento nas atividades e temas específicos da disciplina, nesse caso, o *Movimento dos Corpos*.

Em uma abordagem histórico-conceitual, Fiolhais & Trindade (2003) destacam que o uso do computador no ambiente escolar pode, entre outras coisas, diversificar tanto as estratégias didáticas para os professores, quanto às possibilidades de aprendizagem para os alunos. Especificamente, as formas interativas de utilização dessas tecnologias parecem promissoras para o ensino de ciências. Tais autores destacam também que, o real estudo sobre eficácia dessas tecnologias permanece, em larga escala, ainda por fazer. E, por fim, pontuam que:

> *Naturalmente que as tecnologias por si não bastam (nunca bastou!), cabendo aos professores um papel essencial na forma de* rendibilização *desses meios pedagógicos e aos alunos, como é óbvio, um esforço efetivo de aprendizagem.* (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003, p. 271).

Assim, apesar dos computadores ofertarem novas possibilidades de ensino e de aprendizagem e também, formas interativas de atividades, ainda se faz necessária uma investigação em larga escala sobre as reais potencialidades que tal ferramental oferece para a abordagem de conteúdos escolares em geral, trabalho este que deve incluir, também, o refletir sobre o papel do professor, assim como do aluno, ao longo de atividades escolares que envolvam a modelagem computacional.

Nesse sentido, Dorneles *et al*. (2006), em estudo sobre o uso do computador para a aprendizagem significativa de conceitos básicos de circuitos elétricos, estabelecem/definem uma das possibilidades do uso do computador, destacando:

> *A proposta didática com o uso do computador associado ao conceito de modelagem computacional não substitui as atividades experimentais, mas, pelo contrário, acrescenta outras situações para que o aluno explore os conteúdos em questão* (DORNELES et al., 2006 p. 496).

Dessa forma, pode-se argumentar que em muitas situações, uma nova abordagem de conteúdo, tal como, o da modelagem computacional, pode oferecer novas possibilidades de ensino e também de aprendizagem. Assim, não se trata de substituir as formas tradicionais de abordagem de conteúdos, mas sim, buscar novas alternativas de explora-los.

Nessa mesma direção, em estudo sobre a utilização da modelagem computacional para a aprendizagem das Leis de Gaus e Àmpere no Ensino Superior, Araújo *et al.*, (2007) destacam que:

> *Não se consegue determinar a importância individual de cada estratégia didática nos processos de ensino e aprendizagem, porém, pode-se perceber claramente quão positivo foi para o aprendizado dos conteúdos de Física a possibilidade de interação e de visualização fornecidas pelas simulações.* (ARAÚJO et al., 2007 p. 618).

Assim, estudos nessa área revelam uma segunda potencialidade para a modelagem computacional, oferecer simulações dinâmicas para a *visualização* de modelos teóricos científicos de fenômenos que, muitas vezes, podem ser trabalhados experimentalmente em laboratórios de ciências, porém, sem oferecer as visualizações concretas das estruturas teóricas que expliquem tais fenômenos como, por exemplo, as *linhas de Campos Elétricos e Magnéticos* associados às leis de Gaus e Àmpere respectivamente.

Outro aspecto relevante é obtido ao se analisar a opinião de alunos sobre a utilização de simuladores, imagens e animações no ensino/aprendizagem de Óptica, tal como relatado por Heckler *et al.* (2007):

> *Os materiais didáticos baseados no computador e na modelagem computacional, vão ao encontro da realidade da grande maioria deles, proporcionando um ambiente de estimulo, motivação e envolvimento no processo de ensino/aprendizagem, fazendo com que os alunos participem ativamente da aquisição de informações e construção do conhecimento. E, um ponto positivo percebido com tais ferramentas, é que despertou um maior interesse pelas aulas de Física na visão de 95% dos alunos.* (HECKLER *et al*., 2007 p. 273).

Contudo, os autores advertem para o fato de que o trabalho com o computador e as simulações computacionais tem suas limitações como recurso didático, destacadas por ele a partir das suas observações, e dos relatos dos alunos como sendo:

> *Facilidade de distração. Além do forte apelo apresentado pelas imagens móveis, de certa maneira, desestimular a leitura dos textos explicativos, levando os alunos a ficarem apenas observando as imagens e as simulações no material, também existe a grande possibilidade de eles desviarem totalmente sua atenção do assunto da aula para utilizarem outros recursos disponibilizados pelo computador e que podem ser mais atraentes do que a aula* (HECKLER et at., 2007 p. 273).

Assim, a visualização dinâmica que a modelagem computacional oferece pode, também, se constituir em uma característica negativa. Nesse sentido, cabe preponderantemente ao professor levar os alunos a engajarem-se nas atividades para que as animações, simulações e visualizações dinâmicas não superem a dimensão educacional das atividades escolares.

Por outro lado, em estudo sobre um tópico de *Física Moderna* através da utilização de um *Objeto de Aprendizagem* (AO) denominado *Pato Quântico*, utilizando uma perspectiva que pode ser classificada como modelagem exploratória Sales *et al.*, (2008) conclui que:

> *Tais objetos de aprendizagem podem apresentar-se como uma ferramenta de auxilio ao professor em sala de aula, colaborando para desmitificar a aprendizagem em Física, considerada difícil, e possibilitando uma melhor compreensão dos fenômenos quânticos.* (SALES *et al*., 2008, p. 10)

Model@b
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Dessa forma, a modelagem computacional pode ser uma ferramenta que torne o aprendizado de tópicos de *Física Moderna*, plausíveis também, para o Ensino Médio e não apenas no *Ensino Superior*.

Por fim, Ferracioli *et al*. (2012) abordando a integração de *Ambientes de Modelagem Computacional no Aprendizado Exploratório de Física* destaca que a integração de ambientes de modelagem computacional quantitativos, semiquantitativos e qualitativos no ambiente escolar vem se revelando uma estratégia didática promissora, na medida em que o foco é o *conhecimento* e não na *tecnologia*.

Assim, ao expor os resultados desses trabalhos, ficam evidentes alguns pontos que podem nortear e dar subsídios teóricos para trabalhos futuros na área. Dessa forma, pode-se destacar inicialmente, que a modelagem computacional possui uma considerável gama de aplicação em relação aos conteúdos que podem ser trabalhados com os *softwares*. Nesse sentido, os conteúdos vão desde *Movimento dos Corpos*, até tópicos de *Física Moderna*. Nessa mesma linha de raciocínio há outro aspecto

relevante que pode ser observado nesses trabalhos, o fato da modelagem computacional ter aplicabilidade desde o *Ensino Médio*, até o *Ensino Superior*.

Entre as potencialidades que a modelagem computacional pode oferecer para as práticas pedagógicas em salas de aula, esses trabalhos destacam: 1) *Maior motivação/engajamento dos alunos para executarem as atividades propostas*; 2) *Novas possibilidades de práticas pedagógicas para o professor*; 3) *Novas possibilidades de aprendizagem para os alunos*; 4) *Novas possibilidades de abordagens de conteúdos escolares*; 5) *Visualização dos conteúdos e modelos científicos dos fenômenos estudados*; 6) *Materiais didáticos compatíveis com a realidade dos alunos* e, por fim, *7) Possibilidade de abordagem experimental, através de modelos computacionais, de Física Moderna*.

Por outro lado, tal ferramental didático também traz consigo alguns desafios, entre eles, os autores destacam: 1) *Avaliação em larga escala das potencialidades e limitações de tais ferramentas computacionais* e*;* 2) *As visualizações ofertadas pelos modelos computacionais dinâmicos podem, de acordo com a estratégia didática adotada pelo professor, se tornar uma distração para o real objetivo das atividades, o estudo de conteúdos científicos específicos*.

ModeLAb
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Dessa forma, é importante compreender que em tal cenário cabe ao professor ter a sensibilidade em adotar, durante a abordagem de conteúdos de Física através da modelagem computacional, estratégias e metodologias que potencializem os aspectos positivos de tal arcabouço metodológico e, ao mesmo tempo, reduzam as possíveis deficiências dessa escolha metodológica para o desenvolvimento do estudo dos conteúdos específicos. Por fim, cabe ao aluno o papel preponderante de se engajar nas atividades propostas pelo professor privilegiando o conteúdo em estudo e não apenas a forma como ele é apresentado.

III – CONCEPÇÃO DO ESTUDO

A partir dos trabalhos apresentados na sessão anterior é possível constatar que, em estudos de tópicos específicos de Física auxiliados por ferramentas de modelagem computacional, existem possibilidades e limitações durante o processo educacional. Assim, buscou-se nesse trabalho investigar como tais possibilidades e limitações se apresentam durante o desenvolvimento do estudo de um tópico específico de Física no

cotidiano de uma escola. Mais especificamente, o presente trabalho buscou, a partir das investigações aqui relatadas, responder à seguinte questão básica de pesquisa:

> *Como ocorre a variação do desempenho de estudantes na execução de atividades baseadas na modelagem computacional e em atividades escolares tradicionais, contendo itens da atividade de modelagem, desenvolvidas posteriormente com foco em relações matemáticas envolvendo quantidades utilizadas em Física?*

Na perspectiva de desenvolvimento das relações matemáticas de *Média Simples* e *Velocidade Média* no estudo do *Movimento Retilíneo* de corpos, foi investigado como ocorreu à variação de desempenho de alunos do Ensino Médio regular quando desenvolveram esse estudo em duas perspectivas distintas, porém, complementares: uma auxiliada pela modelagem computacional exploratória e outra em um formato escolar tradicional com *"prova"* aplicada em um momento posterior.

III.a – A ESTRUTURAÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi estruturado a partir de Módulos Educacionais que podem ser definidos como *material a ser utilizado no estudo de um determinado fenômeno, organizado em três níveis: objetivo, conteúdo instrucional e prática & avaliação* (FERRACIOLI, 2004). O ***Objetivo*** visa promover o entendimento e aprofundamento de um determinado fenômeno a partir de algum recurso didático, como um ambiente de modelagem computacional, um site ou uma mídia; o ***Conteúdo Instrucional*** consiste em uma abordagem teórica e experimental sobre um determinado fenômeno e a ***Prática & Avaliação*** consiste na utilização de um recurso para o desenvolvimento das atividades experimentais através de um roteiro contendo o detalhamento das atividades e perguntas sobre o que foi desenvolvido.

III.b – O MÓDULO EDUCACIONAL

O módulo educacional desenvolvido para esse estudo constituiu-se de duas partes: o **Modelo Computacional** e o **Roteiro de Atividades**. O modelo computacional desenvolvido no Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab[2] Fehsenfeld (2010), e que pode ser parcialmente visualizado na Figura 01, teve o objetivo de promover o entendimento para os alunos das relações matemáticas associadas ao movimento retilíneo dos corpos, com enfoque no cálculo da *média simples da variável tempo* e na *velocidade média*. Para isso, os estudantes simulavam por cinco vezes o modelo que continha três veículos distintos: um Trem Azul, um

Carro Vermelho e uma Moto Preta. Os automóveis amarelos representam o trânsito normalmente enfrentado por carros e motos nas grandes cidades. Dessa forma, essa parte cumpre o ***Objetivo*** do Módulo Educacional.

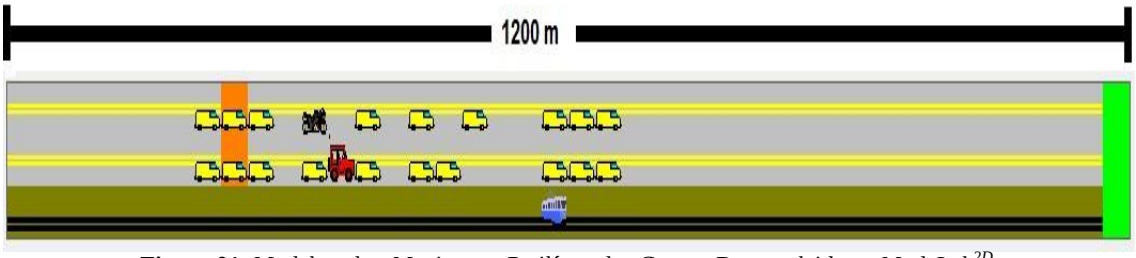


Figura 01: *Modelo sobre Movimento Retilíneo dos Corpos Desenvolvido no ModeLab*^{2D}.

A segunda parte é o **Roteiro de Atividades** que, por sua vez, tem o objetivo de promover uma abordagem teórica e prática para a atividade de modelagem computacional exploratória, bem como produzir os dados para esse estudo a partir das respostas dadas pelos estudantes, cumprindo assim, as etapas de ***Conteúdo Instrucional*** e ***Prática & Avaliação*** desse Módulo Educacional.

O Roteiro de Atividades, que está ilustrado na Figura 02[4], foi estruturado em três páginas contendo um total de quatro seções, as três primeiras: **Introdução**, **Apresentação do Modelo Computacional** e **Problematização** objetivaram uma abordagem teórica do tema. Na quarta seção, **Explorando o Modelo** foi desenvolvida uma abordagem prática da temática em estudo a partir de simulações, coleta de dados, manipulação matemática dos dados produzidos nas simulações & conclusões.

ModeLab
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

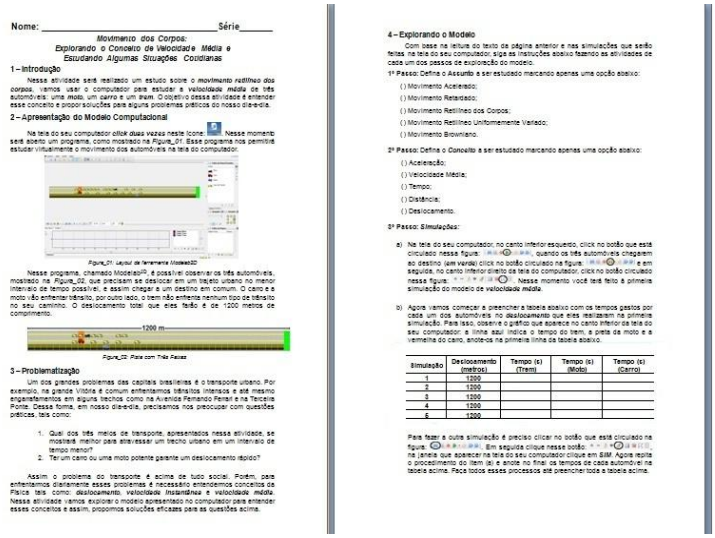


Figura 02: *Estrutura do Roteiro de Atividades Desenvolvido para o Módulo Educacional*

[4] O objetivo da Figura 02 é mostrar de forma ilustrativa a estrutura do *Roteiro de Atividades* não se pretende, com essa figura, que tal roteiro possa ser lido ou observado em detalhes. Contudo, tal roteiro configura, segundo Borges (2002), uma atividade investigativa de nível 1, ou seja, o *Problema* é dado, os *Procedimentos* de investigação são dados e as *Conclusões* são abertas. .

III.c – AMOSTRAGEM

Para a realização do estudo trabalhou-se com uma amostra composta por quatro turmas do 1° Ano Matutino do Ensino Médio de uma escola pública de ensino fundamental e médio regulares, localizada no município da Serra/ES. As turmas foram identificadas como: 1°A, 1°B, 1°C e 1°D totalizando 114 alunos. Para a realização da atividade de modelagem, os estudantes foram organizados em 57 duplas, sendo que a avaliação trimestral foi desenvolvida individualmente pelos mesmos.

III.d – O EXPERIMENTO

O experimento foi realizado entre os dias 17 e 25 de novembro de 2011 durante o horário regular de aula da escola. Os dados foram produzidos em dois momentos distintos e subsequentes, como mostrado na Tabela 01. No primeiro momento foi aplicada a atividade de modelagem computacional quando os estudantes seguiram o roteiro mostrado na Figura 02: simularam o modelo no Ambiente ModeLab^{2D} e preencheram uma tabela com os tempos de cada móvel; em seguida calcularam a média dos tempos de cada móvel e, finalmente, calcularam as velocidades médias dos automóveis. É importante ressaltar que essa atividade não foi pontuada para o cálculo da média trimestral.

ModeLab
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Tabela 01: *Organização do Experimento*

Série	Duplas	Realização da Atividade de Modelagem	Número de Alunos	Realização da Avaliação Trimestral	Intervalo de Tempo Transcorrido
1ª	14	21/11/2011	28	25/11/2011	4 dias
1B	16	18/11/2011	32	22/11/2011	4 dias
1C	13	17/11/2011	26	23/11/2011	6 dias
1D	14	21/11/2011	28	25/11/2011	4 dias

O segundo momento da coleta de dados foi realizado durante a avaliação trimestral do cronograma de atividades escolares. A avaliação era no formato tradicional e, em uma das questões, foi fornecida uma tabela já preenchida com os tempos dos móveis idêntica à tabela do roteiro de atividades e, assim como na atividade de modelagem, foi também solicitado aos alunos o cálculo da média dos tempos e as velocidades médias de cada móvel perfazendo assim, um total de 6 cálculos em cada momento: 3 de tempo médio e 3 de velocidade média.

IV – RESULTADOS & DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos a partir da comparação entre o desempenho apresentado pelos estudantes nos dois momentos das atividades escolares, quais sejam: **Atividade de Modelagem Computacional Exploratória** e **Avaliação Trimestral**. Assim, o primeiro passo foi definir uma escala para medir o desempenho nesses dois momentos distintos, conforme mostrado na Tabela 02, lembrando que a escala definida nesta tabela é construída seguindo a lógica da interdependência entre as relações matemáticas de **tempo médio** e **velocidade média**, uma vez que o cálculo da segunda só pode estar correto se o cálculo da primeira também estiver.

Tabela 02: *Escala de Avaliação do Desempenho dos Estudantes nas Atividades de Modelagem Computacional Exploratória e na Avaliação Trimestral*

Valor	Descrição do Valor Associado ao Desempenho
9	*Todos os Seis Cálculos Corretos*
8	*Cinco Cálculos Corretos: Três Tempos Médios e Duas Velocidades Médias*
7	*Quatro Cálculos Corretos: Dois Tempos Médios e Duas Velocidades Médias*
6	*Quatro Cálculos Corretos: Três Tempos Médios e Uma Velocidade Média*
5	*Três Cálculos Corretos: Dois Tempos Médios e Uma Velocidade Média*
4	*Três Cálculos Corretos: Três Tempos Médios*
3	*Dois Cálculos Corretos: Um Tempo Médio e Uma Velocidade Média*
2	*Dois Cálculos Corretos: Dois Tempos Médios*
1	*Um Cálculo Correto: Um Tempo Médio*
0	*Nenhum Cálculo Correto*

Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

A partir da interdependência das relações matemáticas de tempo médio e velocidade média formularam-se três critérios em hierarquia decrescente de importância: 1) **números de cálculos corretos**, ou seja, quanto maior o número de cálculos feitos de forma correta, maior a nota atribuída ao desempenho; 2) **número de relações matemáticas executadas corretamente: tempo médio e velocidade média**, ou seja, o aluno executou nenhuma, uma ou as duas relações matemáticas, assim, quanto maior o número de relações matemáticas executadas corretamente, maior o desempenho e; 3) **número de correspondências corretas entre os cálculos do tempo médio e da velocidade média**, ou seja, o cálculo do tempo médio foi aplicado corretamente ao cálculo da respectiva velocidade média, quanto maior for esse número, maior será o desempenho.

A partir da escala numérica de notas, apresentada na Tabela 02, foi possível construir o diagrama da Figura 03 que permite visualizar simultaneamente as notas de *Desempenhos* e a distribuição de frequências dessas notas nas duas atividades

escolares. O diagrama permite, também, observar todas as variações de *Desempenhos* e frequências das notas para os 114 estudantes.

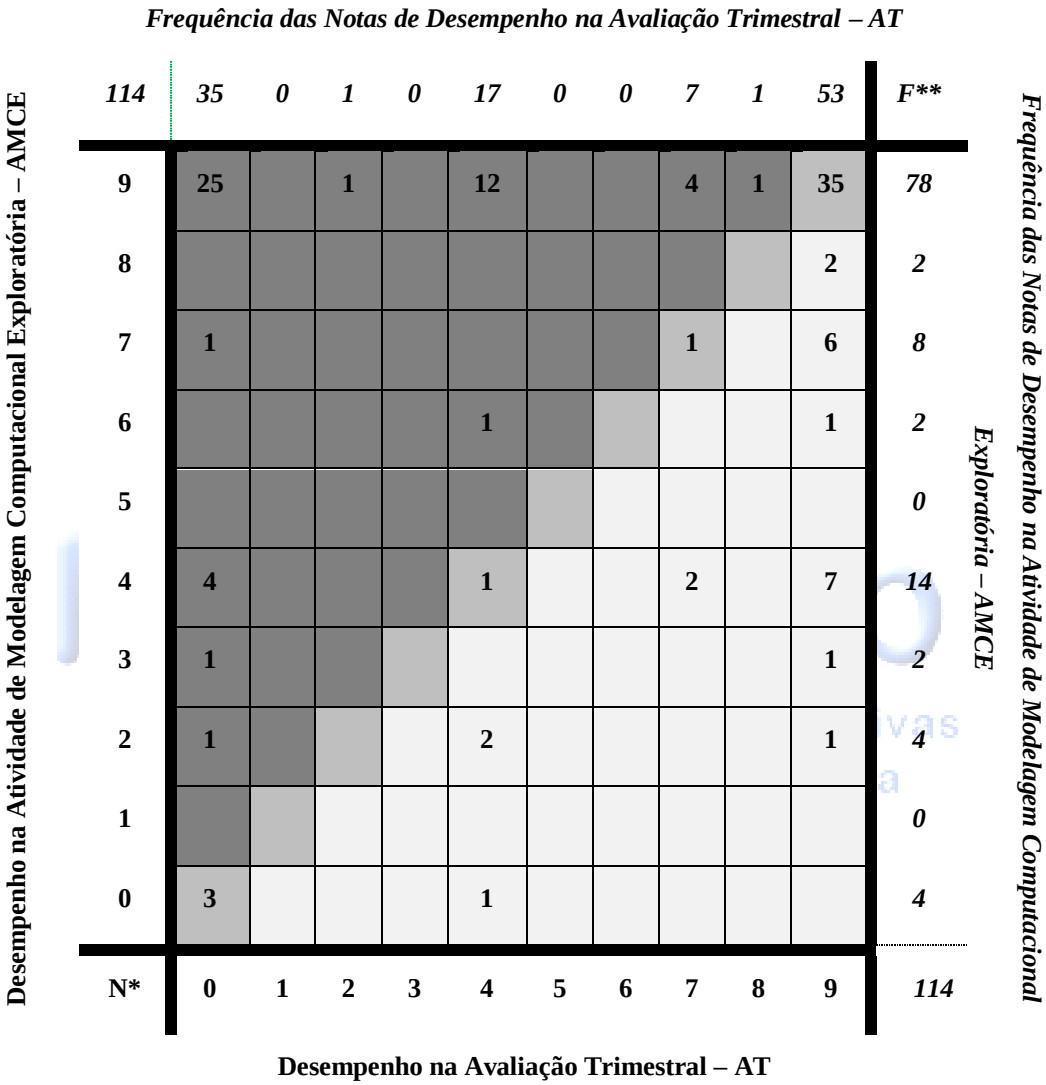

Frequência das Notas de Desempenho na Avaliação Trimestral – AT
Desempenho na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória – AMCE
Frequência das Notas de Desempenho na Atividade de Modelagem Computacional Exploratória – AMCE
Desempenho na Avaliação Trimestral – AT
114 35 0 1 0 17 0 0 7 1 53 F**
9 25 1 12 4 1 35 78
8 2 2
7 1 1 6 8
6 1 1 2
5 0
4 4 1 2 7 14
3 1 1 2
2 1 2 1 4
1 0
0 3 1 4
N* 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 114
* N denomina as NOTAS de Desempenhos dos alunos;
**F denomina a FREQUÊNCIA de notas de Desempenhos dos alunos;
***As cores em VERMELHO, AMARELO e AZUL correspondem aos alunos que, respectivamente, DIMINUIRAM, MANTIVERAM ou AUMENTARAM seus desempenhos entre as duas atividades.

Figura 03: *Diagrama com as Notas de Desempenho & Frequências dessas Notas para os 114 Estudantes do Estudo na AMCE e na AT*

Como se pode observar na Figura 03, o diagrama possui quatro eixos: dois horizontais e dois verticais. Os eixos, vertical à esquerda e horizontal inferior, representam as notas dos *Desempenhos* na AMCE e na AT respectivamente. Nessa mesma perspectiva os eixos, vertical à direita e horizontal superior, representam as *Frequências das Notas* na AMCE e na AT respectivamente. Por fim, pode-se observar que o diagrama é dividido em três partes; região superior, diagonal principal e região

inferior. Essas partes/regiões representam, respectivamente os alunos que diminuíram, mantiveram ou aumentaram seus desempenhos de uma atividade escolar para outra.

Dessa forma, por exemplo, na quinta linha de baixo para cima encontram-se 14 alunos, eixo vertical a direita, que obtiveram uma nota de *Desempenho* igual a 4 na **AMCE**, eixo também na vertical, porém, a esquerda. Considerando-se agora, o eixo inferior na horizontal, pode-se observar que desses 14 alunos: 07 aumentaram suas notas para 9 e 02 para 7; 01 estudante manteve sua nota constante em 4; 04 educandos diminuíram suas notas para 0. Por fim, considerando-se o eixo horizontal superior, têm-se as frequências totais dessas notas na **AT**, nesse exemplo tais frequências são, respectivamente, 53, 7, 17 e 35.

Assim, a partir dessa perspectiva de analise, o primeiro aspecto que será apresentado aqui é a variação total das notas de *Desempenho* dos 114 estudantes entre as duas atividades escolares. Nesse sentido, o diagrama mostra que essas notas diminuíram para 51 estudantes (≈ 44,7% do total), foram mantidas constantes para 40 (≈ 35,1%) e por fim, aumentaram para 23 (≈ 20,2%).

ModeLab
Laboratório de Tecnologias Interativas Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Dessa forma, pode-se observar inicialmente, a partir do diagrama da Figura 03, que dos 51 estudantes que diminuíram suas notas da primeira para a segunda atividade escolar, região superior do diagrama, 25 deles (≈ 1/2 de 51) tiveram suas notas diminuídas de 9 para 0. Sendo assim, esse número revela que uma quantidade considerável de educandos conseguiu desenvolver integralmente as relações matemáticas de *Média Simples* e *Velocidade Média*, apenas na **AMCE**, por outro lado, na **AT** tais relações matemáticas não foram desenvolvidas por esses alunos.

Nesse momento, algumas considerações serão utilizadas para explicar o fato desse grupo de estudantes terem suas notas diminuídas de 9 para 0, são elas: 1) na atividade de modelagem computacional os alunos trabalharam em duplas com apenas um roteiro de atividades, tal situação ocasionou o maior empenho de apenas um dos estudantes na efetivação dos cálculos no roteiro de atividades cabendo ao outro aluno, à tarefa de simular e informar os dados numéricos produzidos; 2) falta de pré-requisitos matemáticos dos alunos para o desenvolvimento desse estudo específico de movimentos dos corpos, já apontados por Magalhães *et al*. (2002) & 3) falta de um real engajamento nas atividades promovidas no laboratório de informática, pois, em tais atividades os educandos tinham o auxílio do professor quando necessário tanto

para a execução das simulações e verificação dos dados numéricos produzidos, quanto em eventuais dúvidas nos procedimentos de cálculo. Assim, a conjunção desses três fatores, explica em sua quase totalidade, esse decréscimo tão acentuado de desempenho para esses 25 alunos.

Observando ainda os alunos que diminuíram suas notas de Desempenhos, temos que 18 alunos também o fizeram a partir da nota 9. Desse total, tem-se que 01 estudante diminuiu para a nota 2, o que evidência que na **AT,** tal aluno desenvolveu apenas do forma parcial a relação matemática de *Média Simples*. Para 12 alunos, que tiveram suas notas diminuídas para 4, pode-se concluir que na **AT** tais educandos conseguiram desenvolver todos os cálculos de *Média Simples*; 04 alunos diminuíram suas notas para 7 e 01 aluno para 8, ou seja, tais estudantes conseguiram desenvolver os procedimentos matemáticos de cálculo da *Média Simples* e *Velocidade Média* quase que integralmente na **AT**.

Para os outros 08 alunos restantes, que também diminuíram suas notas de *Desempenho* entre as duas atividades escolares, é possível observar no diagrama da Figura 03 que 01 educando o fez a partir da nota 7, ou seja, desenvolveu de forma quase integral os cálculos de *Média Simples* e *Velocidade Média* na **AMCE**. Esse aluno diminuiu sua nota para 0, pois, não desenvolveu nenhum dos cálculos na **AT**. Para os 07 alunos restantes, têm-se que: 01 aluno diminuiu da nota 6 para 4; 04 estudantes diminuíram a nota de 4 para a 0; 01 educando diminuiu da nota 3 para 0 e 01 aluno diminuiu de 2 para 0.

Dessa forma, pode-se concluir que dos estudantes que diminuíram suas notas de *Desempenhos* entre as duas atividades escolares, 43 deles obtiveram inicialmente a nota máxima de 9, ou seja, desenvolvendo a atividade de modelagem computacional exploratória por completo. Para os outros 08 educandos que também diminuíram suas notas, observa-se que tal decréscimo ocorreu respectivamente a partir das notas 7, 6, 4, 3 e 2. Desse total de 51 estudantes, existe o número considerável de 25 alunos que tiveram suas notas diminuídas acentuadamente, ou seja, do máximo para o mínimo.

Continuando a análise da Figura 03, tem-se na diagonal principal o número total de 40 alunos que mantiveram as mesmas notas de *Desempenhos* nas duas atividades escolares. Desse total, têm-se que 35 (aproximadamente 1/3 do total de 114 estudantes) mantiveram as suas notas no valor máximo de 9, ou seja, para esses alunos

o desenvolvimento dos procedimentos matemáticos para o cálculo da *Média Simples* e *Velocidade Média* foi realizado de forma integral tanto na **AMCE** quanto na **AT**.

Para os outros 05 estudantes que mantiveram seus *Desempenhos* nas duas atividades. Tem-se que, dos 05, 01 estudante manteve a nota em 7, significando que, para ele, houve o desenvolvimento dos dois tópicos em estudo quase de forma integral nas duas atividades. Ainda, dentre os 05, observa-se que, 01 aluno manteve sua nota em 4, desenvolvendo de forma correta, o cálculo da *Média Simples* nas duas atividades. Por fim, tem-se 03 estudantes que mantiveram suas notas em 0 (zero), o que evidência para eles que nenhum dos dois cálculos trabalhados nessas atividades foi desenvolvido corretamente nas duas atividades.

Assim, para esses 40 estudantes que mantiveram as mesmas notas nas duas atividades escolares, observa-se que 35 mantiveram a nota em 9, ou seja, aproximadamente 87,5% desse subtotal e para os outros 05 alunos as notas foram mantidas em 7, 4 e 0.

ModeLab
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Na região inferior do diagrama da Figura 03, tem-se o grupo de 23 alunos que aumentaram as notas de seus *Desempenhos* entre as duas atividades. Assim, para esse grupo, existem: 02 alunos que aumentaram suas notas de 8 para 9; 06 educandos que aumentaram suas notas de 7 para 9 e 01 aluno que aumentou a sua nota de 6 para 9.

Observa-se que para esses 09 estudantes, que aumentaram suas notas, o desenvolvimento quantitativo dos cálculos da *Média Simples* e *Velocidade Média* foi quase integral na **AMCE** e integral na **AT**.

Para os 14 estudantes restantes, verifica-se que 09 deles, aumentaram suas notas a partir de 4, ou seja, na **AMCE** esses alunos desenvolveram apenas os cálculos de *Média Simples* dos tempos de forma correta, já na **AT**, 02 deles desenvolveram tanto os cálculos de *Média Simples* de tempos, quanto parte dos cálculos de *Velocidade Média* corretamente, ficando dessa forma com a nota 7.

Por outro lado, 07 desses nove alunos, aumentaram suas notas de Desempenho para 9. Para os últimos 05 estudantes, resultou que: 01 aumentou sua nota de 3 para 9; 02 aumentaram de 2 para 4; 01 aumentou de 2 para 9 e por fim, 01 aumentou de 0 para 4.

É possível, ainda, observar que dos 23 estudantes que tiveram aumento no seu desempenho 18 deles aumentaram para a nota máxima 9. Sendo assim, observa-se uma tendência predominante de aumento para a nota máxima. Os outros 05 aumentaram respectivamente suas notas para 4 e 7.

Observando-se o conjunto de toda a análise descrita, tem-se que para os três grupos de alunos, a saber, os que diminuíram, mantiveram ou aumentaram suas notas de *Desempenhos* entre as duas atividades escolares, existem três tendências de variações de desempenhos predominantes, são elas: a) diminuir as notas a partir de 9 com 43 (≈ 37,7%) alunos; b) mante-las em 9 com 35 (≈ 30,7%) alunos; e c) aumenta-la para 9 com 18 (≈ 15,8%) estudantes. Assim, esses números totalizam 96 alunos (≈ 84,2%). Do restante de estudantes, apenas 18 (≈ 15,8%) alunos não foram inseridos em nenhuma dessas três tendências predominantes por apresentarem flutuações de notas de *Desempenho* diversas.

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

ModeL@b
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Articulando a análise dos dados feita na seção anterior com alguns dos resultados da literatura discutidos na seção II.c, será feito aqui, algumas ponderações finais sobre como o uso da modelagem computacional pode ser paulatinamente incorporada no cotidiano das salas de aulas.

Nessa perspectiva, em primeiro lugar, Fiolhais & Trindade (2003) destacam que, o uso do computador para estudos de tópicos específicos de Física pode diversificar as estratégias didáticas para os professores, bem como gerar novas possibilidades de aprendizado para os alunos. Portanto, no estudo aqui apresentado foi possível observar que na **AMCE** o professor e os alunos assumiram no processo de desenvolvimento dessa atividade, funções/papeis diferenciados, quando comparados às atividades desenvolvidas no formato tradicional como, por exemplo, uma avaliação trimestral (**AT**). Durante o desenvolvimento da **AMCE** o professor não atuou como o único detentor das informações e do conhecimento, mas sim, como um orientador da atividade, sendo solicitado pelos alunos apenas quando estes tinham dúvidas no procedimento das simulações e/ou no desenvolvimento matemático dos conceitos em estudo. Assim, coube aos alunos, por exemplo, simular o modelo computacional de um conteúdo curricular específico, produzir dados, construir bancos de dados no

formato de tabelas e buscar testar o modelo para concluir sobre os questionamentos propostos no roteiro de atividades.

Dessa forma, é possível entender que essa maior autonomia dos estudantes, principalmente na manipulação do modelo e produção dos dados na **AMCE**, possa ter promovido um maior engajamento desses estudantes na primeira parte do estudo, com o conseqüente alteração de seus desempenhos em direção a uma melhoria quando comparados à segunda parte, ou seja, na **AT**, como a análise do diagrama da Figura 03 parece indicar.

Um segundo aspecto de análise é levantado por Magalhães et al (2002) que sugere que o engajamento dos alunos parece aumentar quando estes realizam estudos de tópicos de Física com modelos computacionais. Nesse sentido, observa-se nessa investigação que tal hipótese pôde ser parcialmente verificada e corroborada, pois, de acordo com o diagrama da Figura 03 as frequências das maiores notas ocorreram na **AMCE** e não na **AT**: é importante relembrar que a **AMCE** não entrou no cálculo da média trimestral da nota final dos alunos. Dessa forma, tem-se que 78 alunos obtiveram nota máxima na **AMCE** enquanto 53 que obtiveram tal nota na **AT**. Por outro lado, a maior frequência de notas mínimas, ou seja, zero (0) ocorreu na **AT**, com 35 alunos, enquanto que na **AMCE** foram apenas 4.

Model@b
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

Contudo, apesar de o engajamento dos alunos nas atividades com modelagem computacional tender a ser maior quando comparado com a atividade escolar tradicional, não é possível inferir de forma categórica que o desempenho deles também o será. Essa tendência pode ser explicada também, pelo fato do conteúdo trabalhado na perspectiva da modelagem computacional necessitar, muitas vezes, de condições atípicas do cotidiano da sala de aula, fator este que pode contribuir para as diferenças das frequências de notas máximas e mínimas relatadas no parágrafo anterior. Nesse estudo, por exemplo, o desenvolvimento dos conceitos de *Média Simples* e *Velocidade Média* a partir do uso da modelagem computacional ocorreram no laboratório de informática, com auxílio do professor e com os alunos organizados em duplas, condições estas que não foram reproduzidas na **AT**.

De toda forma, se a tendência de maior engajamento dos alunos em estudos de conceitos curriculares específico na perspectiva da modelagem computacional se

verificar de uma maneira geral e não apenas em estudos pontuais com circunstâncias específicas, tal tendência poderá ser uma perspectiva promissora para um melhor desempenho dos educandos no estudo de tópicos em ciências.

Dessa forma, esse estudo indica que o uso da modelagem computacional pode ser incorporado no dia a dia da escola e não apenas em estudos pontuais e exploratórios feitos de maneira esparsa. Obviamente, não se pretende com essa afirmação fazer da modelagem computacional a única e/ou a melhor perspectiva para se abordar os conteúdos de Física, mas sim, fazer desta uma metodologia que possa ser usada de forma inovadora e que acima de tudo, se incorpore paulatinamente no cotidiano escolar com maior ênfase.

Por fim, e mesmo que de forma parcial, pode-se concluir com esse estudo que a modelagem computacional pode ser utilizada como geradora de *novas estratégias didáticas* por parte dos professores para promover um *maior engajamento* do estudante nas atividades escolares propostas e, dessa forma, levar esse estudante a engajar-se por ele mesmo no processo de aprendizagem, ou seja, no processo de *aprendizagem exploratória* em física.

ModeLab
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva

VI – AGRADECIMENTO

Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq, CAPES, FACITEC & FAPES.

VII – BIBLIOGRAFIA

ARANHA M. L. de A. **História da Educação** Editora Moderna LTDA, São Paulo 2003, 2° Edição.

ARAUJO, I. V. VEIT, E. A. MOREIRA, M. A. **Um Estudo Sobre o Desempenho De Alunos De Física Usuários Da Ferramenta Computacional *Modellus* Na Interpretação De Gráficos Em Cinemática** Instituto de Física - UFRGS - 91501-970 Porto Alegre, RS. Em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/producao/IV_ENPEC.pdf> Acesso em: 31 de Março de 2014.

BORGES, A. T. (2002) **Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n° 3, p. 291-313, dezembro de 2002.

BOULTER, C.J.; GILBERT, J. K. (1998) **Aprendendo Ciências Através de Modelos e Modelagens**. In COLINVAUX, D. Modelos e Educação em Ciências. RIO DE JANEIRO: Editora Ravil.

CAMILETTI, G. G. **A Modelagem Computacional Semi-quantitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários**.. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. 2001.

DORNELES, P. F. T., ARAÚJO, I. S. & VEIT, E. A. (2006) **Simulação e Modelagem Computacionais no Auxílio a Aprendizagem Significativas de Conceitos Básicos de Eletricidade: Parte I – Circuitos Elétricos Simples**. Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), vol 28, n°4, p. 487 – 496.

FERRACIOLI, L. (2004) **A Integração de Ambientes Computacionais ao Aprendizado Exploratório em Ciências.** Projeto de Pesquisa financiado pelo CNPq. Processo 30.4785/2004-0.

FERRACIOLI, L. ; GOMES, T. ; SILVA, R. M. A. da ; MULINARI, M. H. ; OLIVEIRA, R. R. ; CAMILETTI, G. G. ; MARIN, F.C.M.; FEHSENFELD, K. M. ; VERBENO, C.A. (2012) **Ambientes de Modelagem Computacional no Aprendizado Exploratório de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 679-707.

FEHSENFELD, K. M. **A Representação de Fenômenos de Cinemática de Gases Utilizando o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab^2: Um estudo Exploratório com Estudantes Ingressantes na Educação Superior**. Tese (Doutorado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. 2010.

FIOLHAIS, C. & TRINDADE, J. (2003) **Física no Computador: O Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas**. – Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), vol 25, n° 3.

GOMIDE, Camilo. ***Desempenho do Brasil Melhora Mas, Ainda Estamos Longe de Uma Educação de Qualidade.*** Em: <http://educarparacrescer.abril.com.br/blog/boletim-educacao/2010/12/07/>. Acesso em: 31 de Março de 2014.

HECKLER, V., SARAIVA, M. F. O. & FILHO, K. S. O. (2007) **Uso de Simuladores, Imagens e Animações como Ferramentas Auxiliares no Ensino/Aprendizagem de Óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF). Vol 29, n° 2, p. 267 – 273.

MAGALHÃES, M. G. M., SCHIEL, D., GUERRINI, I. M. & JUNIOR, E. M. (2002) **Utilizando Tecnologia Computacional na Analise Quantitativa de Movimento: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio**. – Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), vol 24, n° 2.

MARINS F. C. M. **A Utilização de Diagramas Causais no Desenvolvimento de Atividades de Modelagem Semi-quantitativa: Um Estudo Exploratório com Estudantes do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória/ES. 2009.

MULINARI, M. H. **A Utilização da Modelagem Computacional como Estratégia de Análise de Ecossistemas Manguezais**. 2006. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) – UFES.

OGBORN, J.& MILLER, R. (1994) **Computacional Issues in Modelling**. In: Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J. & Tompsett (Eds.) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press. Cap 5, p. 33-38.

SALES, G. L.; VASCONSELOS F. H. L.; FILHO, J. A. de C. & PEQUENO M. C. **Atividades de Modelagem Exploratória Aplicada ao Ensino de Física Moderna com a Utilização do Objeto de Aprendizagem Pato Quântico**. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 3, 3501 (2008).

ModeL@b
Laboratório de Tecnologias Interativas
Aplicadas à Modelagem Cognitiva